目　录

第一部分　力学综合

专题一　力与直线运动 / 1

专题二　力与曲线运动 / 6

专题三　多过程的物体运动 / 11

专题四　连接体与叠加体的力学问题 / 19

专题五　万有引力与航天 / 25

专题六　功和能 / 29

专题七　碰撞与动量 / 34

第二部分　电磁学综合

专题八　恒定电流电路分析 / 40

专题九　电场与磁场 / 44

专题十　电磁感应与交变电流 / 48

专题十一　电磁感应与电路综合 / 53

第三部分　力电综合

专题十二　带电粒子在电场中的运动 / 59

专题十三　带电粒子在磁场中的运动 / 66

专题十四　带电粒子在复合场中的运动 / 72

专题十五　电磁感应与力学综合 / 80

第四部分　物理实验

专题十六　力学实验 / 90

专题十七　电学实验 / 99

第五部分　选考模块

专题十八　热学综合 / 108

专题十九　振动与波 / 115

专题二十　光学综合 / 121

参考答案 / 129

第一部分　力学综合

专题一　力与直线运动

适应训练

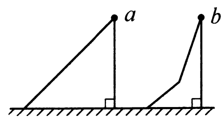
1. 如图所示，两光滑斜面的总长度相等，高度也相同，a、b 两球由静止从顶端下滑，若球经过图上转折点处无能量损失，则(　　)。

A. a 球后着地

B. b 球后着地

C. 两球同时着地

D. 两球着地时速度相同



第 1 题图

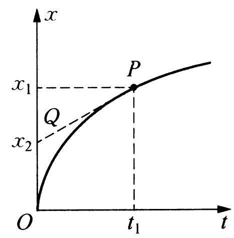
2. 如图所示是一做匀变速直线运动的质点的位置-时间图象(x - t 图)，$P(t_1, x_1)$为图象上一点。PQ 为过 P 点的切线，与 x 轴交于点 Q。则下列说法中正确的是(　　)。

A. t_1 时刻，质点的速率为 $\frac{x_1}{t_1}$

B. t_1 时刻，质点的速率为 $\frac{x_1 - x_2}{t_1}$

C. 质点的加速度大小为 $\frac{x_1 - x_2}{t_1^2}$

D. 0 - t_1 时间内，质点的平均速度大小为 $\frac{2(x_1 - x_2)}{t_1}$

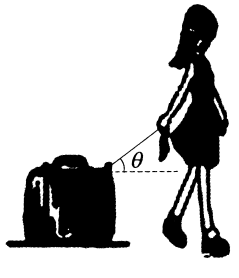


第 2 题图

3. 如图所示，某同学在地面上拉着一个质量为 $m = 20$ kg 的箱子以 $v = 5$ m/s 做匀速直线运动，箱子与地面间的动摩擦因数为 $\mu = 0.5$，拉力 F 与水平面夹角为 $\theta = 53°$。($\sin 53° = 0.8$，$\cos 53° = 0.6$，$g = 10$ m/s²)求：

(1) 绳子的拉力 F 的大小；

(2) 撤掉拉力后 1.5 s 内箱子通过的距离。



第 3 题图

真题演练

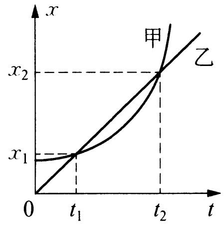
4.（2018 全国卷Ⅲ）甲、乙两车在同一平直公路上同向运动，甲做匀加速直线运动，乙做匀速直线运动。甲、乙两车的位置 x 随时间 t 的变化如图所示。下列说法中正确的是（　　）。

A．在 t_1 时刻两车速度相等

B．从 0 到 t_1 时间内，两车走过的路程相等

C．从 t_1 到 t_2 时间内，两车走过的路程相等

D．从 t_1 到 t_2 时间内的某时刻，两车速度相等



第 4 题图

5.（2018 天津卷）我国自行研制、具有完全自主知识产权的新一代大型喷气式客机 C919 首飞成功后，拉开了全面试验试飞的新征程，假设飞机在水平跑道上的滑跑是初速度为零的匀加速直线运动，当位移 $x=1.6\times10^3$ m时才能达到起飞所要求的速度 $v=80$ m/s，已知飞机质量 $m=7.0\times10^4$ kg，滑跑时受到的阻力为自身重力的 0.1 倍，重力加速度取$g=10$ m/s^2。求飞机滑跑过程中：

（1）加速度 a 的大小；

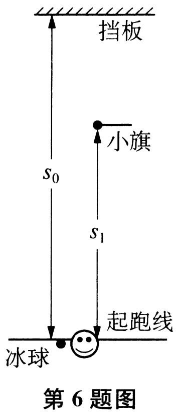
（2）牵引力的平均功率 P。


第 5 题图

6.（2017・全国卷Ⅱ）为提高冰球运动员的加速能力，教练员在冰面上与起跑线距离 s_0 和 s_1（$s_1<s_0$）处分别设置一个挡板和一面小旗，如图所示。训练时，让运动员和冰球都位于起跑线上，教练员将冰球以速度 v_0 击出，使冰球在冰面上沿垂直于起跑线的方向滑向挡板；冰球被击出的同时，运动员垂直于起跑线从静止出发滑向小旗。训练要求当冰球到达挡板时，运动员至少到达小旗处。假定运动员在滑行过程中做匀加速运动，冰球到达挡板时的速度为 v_1。重力加速度为 g。求：

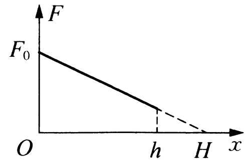
（1）冰球与冰面之间的动摩擦因数；

（2）满足训练要求的运动员的最小加速度。



第 6 题图

7.（2016 • 上海卷）地面上物体在变力 F 作用下由静止开始竖直向上运动，力 F 随高度 x 的变化关系如图所示，物体能上升的最大高度为 h，$h < H$。当物体加速度最大时其高度为________，加速度的最大值为________。



第 7 题图

模拟训练

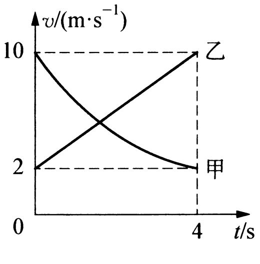
8.（2019 上饶市三模）甲、乙两货车在平直公路上从同一位置同向行驶，两车的 v-t 图象如图所示，则在 0～4 s 时间内（　　）。

A．甲车做曲线运动　　B．乙车一直在甲车的后方

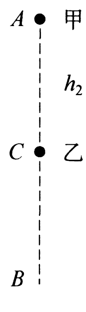
C．两车速度相等时距离一定最大　　D．甲车的平均速度小于 6 m/s

9.（2019 上饶市六校第二次联考）甲球从 A 点由静止落向 B 点，当甲球下落高度为 h_1（图中未画出）时，乙球从距离 A 点 h_2 处的 C 点由静止自由下落，不计空气阻力，两小球视为质点。甲乙两球同时到达 B 点。则 A、B 两点的高度差为（　　）。

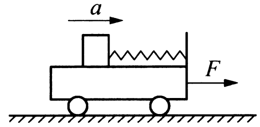
A．$h_1 + h_2$　　B．$\dfrac{(h_1 + h_2)^2}{4h_1}$　　C．$\dfrac{h_1^2}{4(h_1 + h_2)}$　　D．$\dfrac{(h_1 + h_2)^2}{(h_1 - h_2)h_1}$



第 8 题图



第 9 题图



第 10 题图

10.（南城一中 2019 届高三月考）如图所示，小车板面上的物体质量为 $m = 8$ kg，它被一根水平方向上拉伸了的弹簧拉住而静止在小车上，这时弹簧的弹力为 6 N。现沿水平向右的方向对小车施以作用力，使小车由静止开始运动起来，运动中加速度由零逐渐增大到 1 m/s^2，随即以 1 m/s^2 的加速度做匀加速直线运动。以下说法中正确的是（　　）。

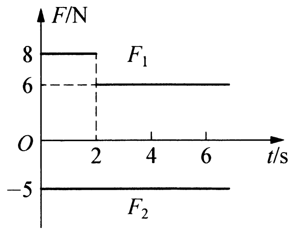
A．物体与小车始终保持相对静止，弹簧对物体的作用力始终没有发生变化

B．物体受到的摩擦力一直减小

C．当小车加速度（向右）为 0.75 m/s^2 时，物体不受摩擦力作用

D．小车以 1 m/s^2 的加速度向右做匀加速直线运动时，物体受到的摩擦力为 8 N

11. （2019·福建省三明市质检）水平地面上质量为 1 kg 的物块受到水平拉力 F_1、F_2 的作用，F_1、F_2 随时间的变化如图所示，已知物块在前 2 s 内以 4 m/s 的速度做匀速直线运动，取 $g=10\ \text{m/s}^2$，则(　　)(最大静摩擦力等于滑动摩擦力)。



第 11 题图

A．物块与地面的动摩擦因数为 0.2

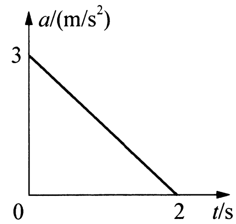
B．3 s 末物块受到的摩擦力大小为 3 N

C．4 s 末物块受到的摩擦力大小为 1 N

D．5 s 末物块的加速度大小为 $3\ \text{m/s}^2$

专题预测

12. 汽车已成为人们广泛使用的代步工具，而车辆平稳加速(即加速度基本不变)使人感到舒服，否则感到不舒服，关于“加速度的变化率”，下列说法正确的是(　　)。



第 12 题图

A．加速度的变化率为 0 的运动是匀速直线运动

B．加速度的变化率越大则速度变化越快

C．在如图所示的 $a-t$ 图象中，表示的是物体的速度随时间在均匀减小

D．在如图所示的 $a-t$ 图象中，若物体在 $t=0$ 时速度为 5 m/s，则 2 s 末的速度大小可能为 8 m/s

13. 随着机动车数量的增加，交通安全问题日益凸显。分析交通违法事例，将警示我们遵守交通法规，珍爱生命。某路段机动车限速为 15 m/s，一货车严重超载后的总质量为 5.0×10^4 kg，以 15 m/s 的速度匀速行驶。发现红灯时司机刹车，货车立即做匀减速直线运动，加速度大小为 $5\ \text{m/s}^2$。已知货车正常装载时刹车的加速度大小为 $10\ \text{m/s}^2$。

(1) 求此货车在超载及正常装载情况下的刹车时间之比；

(2) 求此货车在超载及正常装载情况下的刹车距离分别是多大？

(3) 若此货车不仅超载而且以 20 m/s 的速度超速行驶，则刹车距离又是多少？(设此情形下刹车加速度大小仍为 $5\ \text{m/s}^2$)

14. 一质点做匀加速直线运动时，速度变化 Δv 时发生位移 x_1，紧接着速度变化同样的 Δv 时发生位移 x_2，则该质点的加速度为(　　)。

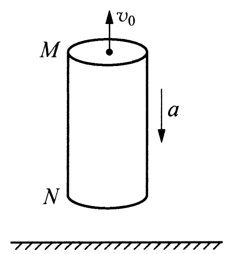
A．$(\Delta v)^2\left(\dfrac{1}{x_1}+\dfrac{1}{x_2}\right)$　B．$(\Delta v)^2\left(\dfrac{1}{x_1}-\dfrac{1}{x_2}\right)$　C．$\dfrac{(\Delta v)^2}{x_2-x_1}$　D．$2\dfrac{(\Delta v)^2}{x_2-x_1}$

15. A、B 两点相距 s，将 s 平分为 n 等份，今让一物体（可视为质点）从 A 点由静止开始向 B 做匀加速直线运动，出发时加速度为 a，但每过一个等分点，加速度都增加 $\frac{a}{n}$，试求物体到达 B 点时的速率。

16. 如图所示，离地面足够高处有一竖直的空管，质量为 $m = 2\ \text{kg}$，管长为 $L = 24\ \text{m}$，M、N 为空管的上、下两端，空管受到 $F = 16\ \text{N}$ 竖直向上的拉力作用，由静止开始竖直向下做加速运动，同时在 M 处一个大小不计的小球沿管的轴线竖直上抛，小球只受重力，取 $g = 10\ \text{m/s}^2$。求：

(1) 若小球上抛的初速度为 $10\ \text{m/s}$，则其经过多长时间从管的 N 端穿出；

(2) 若此空管的 N 端距离地面 $H = 64\ \text{m}$ 高，欲使在空管到达地面时小球必须落到管内，在其他条件不变的前提下，求小球的初速度大小的范围。



第 16 题图

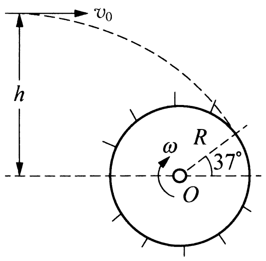
专题二　力与曲线运动

适应训练

1. 在我国南方农村地区有一种简易水轮机，如图所示。从悬崖上流出的水可看做连续做平抛运动的物体，水流轨迹与下边放置的轮子边缘相切，水冲击轮子边缘上安装的挡水板，可使轮子连续转动，输出动力。当该系统工作稳定时，可近似认为水的末速度与轮子边缘的线速度相同。设水的流出点比轮轴高 $h=5.6\ \text{m}$，轮子半径 $R=1\ \text{m}$。调整轮轴 O 的位置，使水流与轮边缘切点对应的半径与水平线成 $\theta=37^\circ$ 角（已知 $\sin 37^\circ=0.6$，$\cos 37^\circ=0.8$，$g=10\ \text{m/s}^2$）。问：

（1）水流的初速度 v_0 大小为多少？

（2）若不计挡水板的大小，则轮子转动的角速度为多少？



第 1 题图

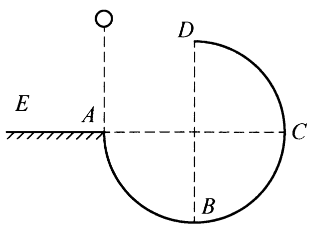
2. 固定在竖直平面内的光滑圆弧轨道 $ABCD$，其 A 点与圆心等高，D 点为轨道的最高点，DB 为竖直线，AC 为水平线，AE 为水平面，如图所示。今使小球自 A 点正上方某处由静止释放，且从 A 点进入圆弧轨道运动，只要适当调节释放点的高度，总能使球通过最高点 D，则小球通过 D 点后（　　）。

A．一定会落到水平面 AE 上

B．一定会再次落到圆弧轨道上

C．可能会再次落到圆弧轨道上

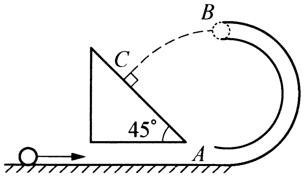
D．不能确定



第 2 题图

3. 如图所示，一个固定在竖直斜面上的光滑半圆轨道，内有一个直径略小于管道内径的小球，小球在管道内做圆周运动，从 B 点脱离轨道后做平抛运动，经过 0.3 s 后恰好与倾角为 45°的斜面垂直碰撞。已知半圆轨道的半径为 $R=1\ \text{m}$，小球可看作质点且其质量为 $m=1\ \text{kg}$，重力加速度为 $g=10\ \text{m/s}^2$。则（　　）。

A．小球与斜面的相碰点与 B 点的水平距离为 0.9 m



第 3 题图

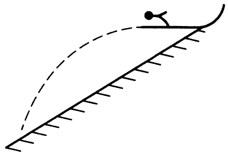
B. 小球与斜面的相碰点与 B 点的水平距离为 1.9 m

C. 小球经过管道的 B 点时，受到管道的作用力大小为 1 N

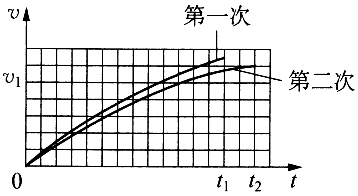
D. 小球经过管道的 B 点时，受到管道的作用力大小为 2 N

真题演练

4.（2019 全国卷Ⅱ）如图(a)所示，在跳台滑雪比赛中，运动员在空中滑翔时身体的姿势会影响其下落的速度和滑翔时的距离。某运动员先后两次从同一跳台起跳，每次都从离开跳台开始计时，用 v 表示他在竖直方向的速度，其 $v-t$ 图象如图(b)所示，t_1 和 t_2 是它落在倾斜雪道上的时刻。则(　　)。



(a)



(b)

第 4 题图

A. 第二次滑翔过程中在竖直方向上的位移比第一次小

B. 第二次滑翔过程中在水平方向上的位移比第一次大

C. 第二次滑翔过程中在竖直方向上的平均加速度比第一次大

D. 竖直方向速度大小为 v_1 时，第二次滑翔过程中在竖直方向上所受阻力比第一次大

5.（2018 全国卷Ⅲ）在一斜面顶端，将甲、乙两个小球分别以 v 和 $\frac{v}{2}$ 的速度沿同一方向水平抛出，两球都落在该斜面上。甲球落至斜面时的速率是乙球落至斜面时速率的(　　)。

A. 2 倍　　B. 4 倍　　C. 6 倍　　D. 8 倍

6.（2018 江苏卷）火车以 60 m/s 的速率转过一段弯道，某乘客发现放在桌面上的指南针在 10 s 内匀速转过了约 10°。在此 10 s 时间内，火车(　　)。

A. 运动路程为 600 m　　B. 加速度为零

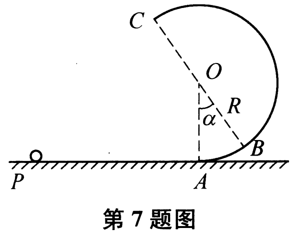
C. 角速度约为 1 rad/s　　D. 转弯半径约为 3.4 km

7.（2018 全国卷Ⅲ）如图所示，在竖直平面内，一半径为 R 的光滑圆弧轨道 ABC 和水平轨道 PA 在 A 点相切。BC 为圆弧轨道的直径。O 为圆心，OA 和 OB 之间的夹角为 α，$\sin\alpha=\frac{3}{5}$，一质量为 m 的小球沿水平轨道向右运动，经 A 点沿圆弧轨道通过 C 点，落至水平轨道；在整个过程中，除受到重力及轨道作用力外，小球还一直受到一水平恒力的作用，已知小球在 C 点所受合力的方向指向圆心，且此时小球对轨道的压力恰好为零。重力加速度大小为 g。求：

(1) 水平恒力的大小和小球到达 C 点时速度的大小；

(2) 小球到达 A 点时动量的大小；

(3) 小球从 C 点落至水平轨道所用的时间。



第 7 题图

模拟训练

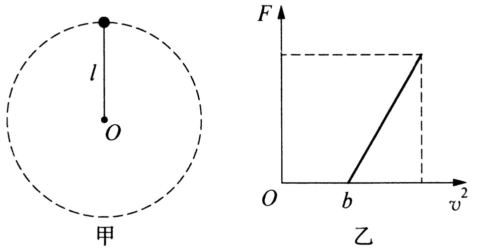
8.（2019·安徽宿州市模拟）如图甲所示，一长为 l 的轻绳，一端穿在过 O 点的水平转轴上，另一端固定一质量未知的小球，整个装置绕 O 点在竖直面内转动。小球通过最高点时，绳对小球的拉力 F 与其速度平方 v^2 的关系如图乙所示，重力加速度为 g，下列判断中正确的是（　　）。

A．图象函数表达式为 $F = m\frac{v^2}{l} + mg$

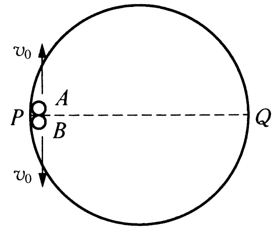
B．重力加速度 $g = \frac{b}{l}$

C．绳长不变，用质量较小的球做实验，得到的图线斜率更大

D．绳长不变，用质量较小的球做实验，图线 b 点的位置不变



第 8 题图



第 9 题图

9.（2017·广东四校联考）如图所示内壁光滑的环形槽半径为 R，固定在竖直平面内，环形槽上的 P、Q 两点与环形槽圆心等高，质量均为 m 的小球（可视为质点）A 和 B，以等大的速率 v_0 同时从 P 处向上、向下滑入环形槽，若在运动过程中两球均未脱离环形槽，设当地重力加速度为 g，则下列叙述中正确的是（　　）。

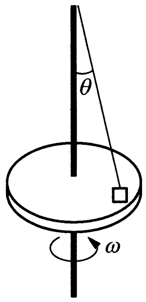
A．两球第一次相遇时速度相同

B．两球第一次相遇点在 Q 点

C．小球 A 通过最高点时的机械能小于小球 B 通过最低点时的机械能

D．小球 A 通过最高点和小球 B 通过最低点时对环形槽的压力差为 $6mg$

10.（2017·江西丰城中学月考）如图所示，水平转台上有一个质量为 m 的物块，用长为 l 的轻质细绳将物块连接在转轴上，细绳与竖直转轴的夹角 θ 为 $\frac{\pi}{6}$，此时绳伸直但无张力，物块与转台间动摩擦因数为 $\mu = \frac{1}{3}$，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，物块随转台由静止开始缓慢加速转动，角速度为 ω，加速度为 g，则（　　）。



第 10 题图

A．当 $\omega = \sqrt{\frac{3g}{4l}}$ 时，物块与转台间的摩擦力为零

B．当 $\omega = \sqrt{\frac{g}{2l}}$ 时，细线中张力为零

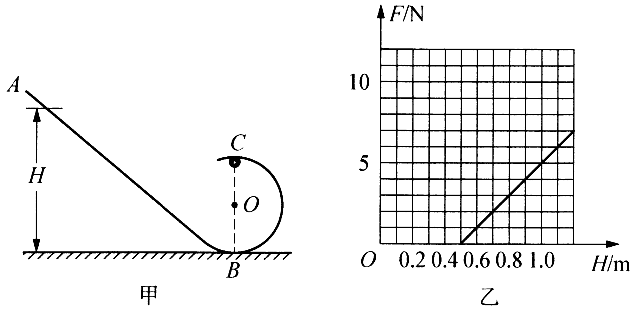
C．当 $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$ 时，细线的张力为 $\frac{mg}{3}$

D. 当 $\omega=\sqrt{\frac{4g}{3l}}$ 时，细绳的拉力大小为$\frac{4mg}{3}$

11. (2019 上饶市一模)在半径 $R=5000$ km 的某星球表面，宇航员做了如下实验，实验装置如图甲所示。竖直平面内的光滑轨道由轨道 AB 和圆弧轨道 BC 组成，将质量为 $m=0.2$ kg 的小球，从轨道 AB 上高 H 处的某点静止滑下，用力传感器测出小球经过 C 点时对轨道的压力 F，改变 H 的大小，可测出相应的 F 大小，F 随 H 的变化关系如图乙所示。则(　　)。

A. 圆轨道的半径为 0.4 m　　B. 圆轨道的半径为 0.2 m

C. 该星球表面的重力加速度为 5 m/s^2　　D. 星球的第一宇宙速度为 5×10^3 m/s



第 11 题图

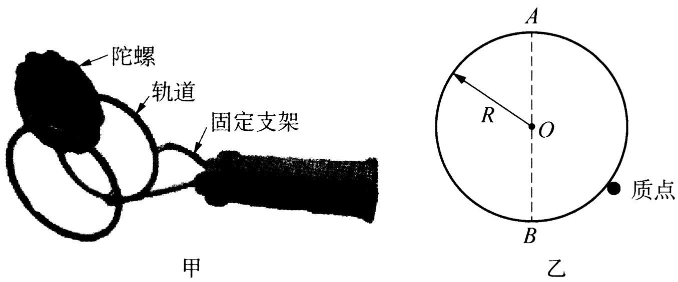
专题预测

12. 如图甲所示的陀螺可在圆轨道外侧旋转而不脱落，好像轨道对它施加了魔法一样，被称为“魔力陀螺”。它可等效为图乙所示模型：竖直固定的磁性圆轨道半径为 R，质量为 m 的质点沿轨道外侧做完整的圆周运动，A、B 两点分别为轨道的最高点与最低点。运动中质点受轨道的磁性引力始终指向圆心 O，且大小恒为 F，不计摩擦和空气阻力，重力加速度为 g。

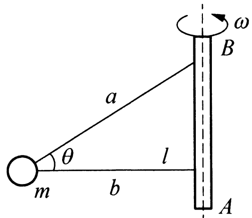
(1) 若质点在 A 点的速度为 $\sqrt{gR}$，求质点在该点对轨道的弹力；

(2) 试证明质点对轨道 A、B 两点的压力差为定值；

(3) 若磁性引力大小 F 可调，但质点仍做完整圆周运动，求$\frac{F}{mg}$的最小值。



第 12 题图



第 13 题图

13. 质量为 m 的小球由轻绳 a 和 b 分别系于一轻质细杆的 A 点和 B 点，如图所示，绳 a 与水平方向成 θ 角，绳 b 在水平方向且长为 l，当轻杆绕轴 AB 以角速度 ω 匀速转动时，小球在水平面内做匀速圆周运动，则下列说法中正确的是(　　)。

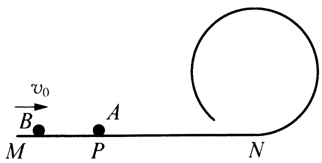
A．a 绳的张力不可能为零

B．a 绳的张力随角速度的增大而增大

C．当角速度 $\omega > \sqrt{\dfrac{g\cot\theta}{l}}$，$b$ 绳将出现弹力

D．若 b 绳突然被剪断，则 a 绳的弹力一定发生变化

14. 儿童智力拼装玩具"云霄飞车"的部分轨道简化为如下模型：光滑水平轨道 MN 与半径为 R 的竖直光滑圆弧轨道相切于 N 点，质量为 m 的小球 A 静止于 P 点，小球半径远小于 R。与 A 相同的小球 B 以速度 v_0 向右运动，A、B 碰后粘连在一起。求当 v_0 的大小在什么范围时，两小球在圆弧轨道内运动时不会脱离圆弧轨道？已知重力加速度为 g。



第 14 题图

专题三　多过程的物体运动

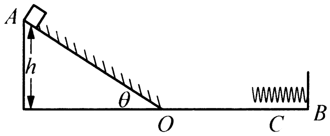
适应训练

1. 如图所示，物体在铺有某种毛皮的斜面上运动，该毛皮表面的特殊性使其具有如下特点：①毛皮上的物体顺着毛的生长方向运动时，毛皮产生的阻力可以忽略；②毛皮上的物体逆着毛的生长方向运动会受到来自毛皮的滑动摩擦力，且动摩擦因数 $\mu=0.5$。斜面顶端距水平面的高度 $h=0.8\ \mathrm{m}$，质量为 $m=2\ \mathrm{kg}$ 的小物块 M 从斜面顶端 A 由静止滑下，逆着毛的生长方向运动到斜面底端的 O 点进入光滑水平滑道（忽略从斜面进入水平面过程中小物块机械能的损失）。为使 M 制动，将轻弹簧的一端固定在水平滑道延长线 B 处的竖直墙上，另一端位于水平轨道的 C 点，已知弹簧始终处于弹性限度内，斜面的倾角 $\theta=53°$，重力加速度 $g=10\ \mathrm{m/s^2}$，$\sin 53°=0.8$，$\cos 53°=0.6$。求：

（1）小物块第一次从 A 运动到 O 过程中克服摩擦力做的功；

（2）小物块第一次到达 O 点的速度大小；

（3）从开始运动到最终静止的过程中，小物块在斜面上通过的总路程。



第 1 题图

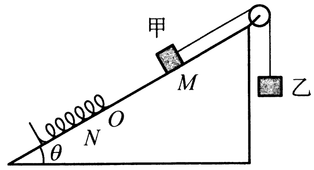
2. 一滑雪运动员以滑雪板和滑雪杖为工具在平直雪道上进行滑雪训练。某次训练中，他站在雪道上第一次利用滑雪杖对雪面的作用获得水平推力 $F=60\ \mathrm{N}$ 而向前滑行，其作用时间为 $t_1=1\ \mathrm{s}$，撤除水平推力 F 后经过 $t_2=2\ \mathrm{s}$，他第二次利用滑雪杖对雪面的作用获得同样的水平推力且其作用时间仍为 1 s。已知该运动员连同装备的总质量为 $m=50\ \mathrm{kg}$，在整个运动过程中受到的滑动摩擦力大小恒为 $f=10\ \mathrm{N}$，求：

（1）第一次利用滑雪杖对雪面作用获得的速度大小；

（2）该运动员（可视为质点）第二次撤除水平推力后滑行的最大距离。


第 2 题图

3. 倾角为θ的斜面体固定在水平面上，在斜面体的底端附近固定一挡板，一质量不计的弹簧下端固定在挡板上，弹簧处于自然长度时上端位于斜面体上的O点，质量分别为$4m$、m的物块甲和乙用一质量不计的细绳跨过固定在斜面体顶端的光滑定滑轮连接，如图所示，开始物块甲位于斜面体上的M处，且$MO=L$，滑块乙开始离水平面足够高，现将物块甲和乙由静止释放，物块甲沿斜面下滑，当滑块将弹簧压缩到N点时，滑块的速度减为零，$ON=\frac{L}{2}$。已知物块甲与斜面体之间的动摩擦因数为$\mu=\frac{\sqrt{3}}{8}$，$\theta=30°$，重力加速度取$g=10\ \text{m/s}^2$，忽略空气的阻力，整个过程细绳始终没有松弛，则下列说法中正确的是(　　)。



第3题图

A．物块由静止释放到斜面体上N点的过程，物块甲先做匀加速直线运动后做匀减速直线运动到速度减为零

B．物块甲在与弹簧接触前的加速度大小为$0.5\ \text{m/s}^2$

C．物块甲位于N点时，弹簧所储存的弹性势能的最大值为$\frac{3}{8}mgL$

D．物块甲位于N点时，弹簧所储存的弹性势能的最大值为$\frac{9}{8}mgL$

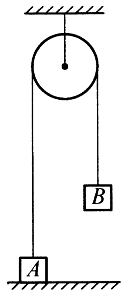
真题演练

4. (2017 天津卷)如图所示，物块A和B通过一根轻质不可伸长的细绳连接，跨放在质量不计的光滑定滑轮两侧，质量分别为$m_A=2\ \text{kg}$、$m_B=1\ \text{kg}$。初始时A静止与水平地面上，B悬于空中。现将B竖直向上再举高$h=1.8\ \text{m}$(未触及滑轮)然后由静止释放。一段时间后细绳绷直，A、B以大小相等的速度一起运动，之后B恰好可以和地面接触。取$g=10\ \text{m/s}^2$。

(1) B从释放到细绳绷直时的运动时间t；

(2) A的最大速度v的大小；

(3) 初始时B离地面的高度H。

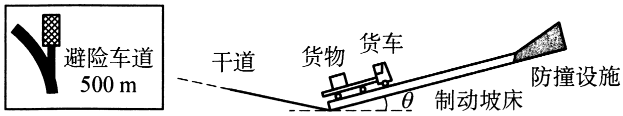


第4题图

5. (2016・四川卷)避险车道是避免恶性交通事故的重要设施,由制动坡床和防撞设施等组成,如图所示竖直平面内,制动坡床视为与水平面夹角为 θ 的斜面。一辆长 12 m 的载有货物的货车因刹车失灵从干道驶入制动坡床,当车速为 23 m/s 时,车尾位于制动坡床的低端,货物开始在车厢内向车头滑动,当货物在车厢内滑动了 4 m 时,车头距制动坡床顶端 38 m,再过一段时间,货车停止。已知货车质量是货物质量的 4 倍,货物与车厢间的动摩擦因数为 0.4;货车在制动坡床上运动受到的坡床阻力大小为货车和货物总重的 0.44 倍。货物与货车分别视为小滑块和平板,取 $\cos\theta = 1$, $\sin\theta = 0.1$, $g = 10\ m/s^2$。求:

(1) 货物在车厢内滑动时加速度的大小和方向;

(2) 制动坡床的长度。

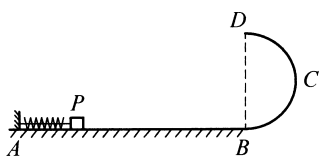


第 5 题图

6. (2016・全国新课标卷Ⅱ)轻质弹簧原长为 $2l$,将弹簧竖直放置在地面上,在其顶端将一质量为 $5m$ 的物体由静止释放,当弹簧被压缩到最短时,弹簧长度为 l。现将该弹簧水平放置,一端固定在 A 点,另一端与物块 P 接触但不连接。AB 是长度为 $5l$ 的水平轨道,B 端与半径为 l 的光滑半圆轨道 BCD 相切,半圆的直径 BD 竖直,如图所示。物块 P 与 AB 间的动摩擦因数为 $\mu = 0.5$。用外力推动物块 P,将弹簧压缩至长度为 l,然后释放,P 开始沿轨道运动,重力加速度大小为 g。

(1) 若 P 的质量为 m,求 P 到达 B 点时速度的大小,以及它离开圆轨道后落回到 AB 上的位置与 B 点间的距离;

(2) 若 P 能滑上圆轨道,且仍能沿圆轨道滑下,求 P 的质量的取值范围。

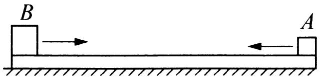


第 6 题图

7. (2017 · 全国卷Ⅲ)如图所示,两个滑块 A 和 B 的质量分别为 $m_A = 1$ kg 和 $m_B = 5$ kg,放在静止于水平地面上的木板的两端,两者与木板间的动摩擦因数均为 $\mu_1 = 0.5$;木板的质量为 $m = 4$ kg,与地面间的动摩擦因数为 $\mu_2 = 0.1$。某时刻 A、B 两滑块开始相向滑动,初速度大小均为 $v_0 = 3$ m/s。A、B 相遇时,A 与木板恰好相对静止。设最大静摩擦力等于滑动摩擦力,取重力加速度大小 $g = 10$ m/s^2。求:

(1) B 与木板相对静止时,木板的速度;

(2) A、B 开始运动时,两者之间的距离。



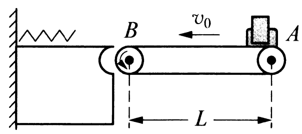
第 7 题图

模拟训练

8. (2019 上饶市二模)如图所示为某探究活动小组设计的自动装卸货运系统。质量为 $M = 0.2$ kg 的货箱与水平传送带轨道的动摩擦因数为 0.2,货箱无初速度放置于传送带轨道右端 A 时,自动装货装置将货物装入货箱,然后货箱载着货物被传送带传送到左端 B,并立即滑上同一水平面的光滑平台轨道向左压缩轻弹簧。当轻弹簧被压缩至最短时自动卸货装置立刻将货物卸下,然后货箱恰好被弹回到传送带右端 A。再重复上述过程。已知传送带的运行速度恒为 $v_0 = 4$ m/s,AB 长为 $L = 8$ m,货箱、货物均视为质点,取重力加速度大小 $g = 10$ m/s^2。求:

(1) 每次装送货物的质量是多少;

(2) 每运送一次货物,货箱需运动多长时间(不计货箱在平台上的运动时间)。



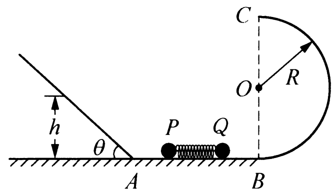
第 8 题图

9.（2018 · 山东省青岛市二模）如图所示，半径为 $R=2.8\ \text{m}$ 的光滑半圆轨道 BC 与倾角 $\theta=37°$ 的粗糙斜面轨道在同一竖直平面内，两轨道间由一条光滑水平轨道 AB 相连，A 处用光滑小圆弧轨道平滑连接，B 处与圆轨道相切。在水平轨道上，两静止小球 P、Q 压紧轻质弹簧后用细线连在一起。某时刻剪断细线后，小球 P 向左运动到 A 点时，小球 Q 沿圆轨道到达 C 点；之后小球 Q 落到斜面上时恰好与沿斜面向下运动的小球 P 发生碰撞。已知小球 P 的质量 $m_1=3.2\ \text{kg}$，小球 Q 的质量 $m_2=1\ \text{kg}$，小球 P 与斜面间的动摩擦因数 $\mu=0.5$，剪断细线前弹簧的弹性势能 $E_p=168\ \text{J}$，小球到达 A 点或 B 点时已和弹簧分离。重力加速度 $g=10\ \text{m/s}^2$，$\sin 37°=0.6$，$\cos 37°=0.8$，不计空气阻力，求：

(1) 小球 Q 运动到 C 点时的速度大小；

(2) 小球 P 沿斜面上升的最大高度 h；

(3) 小球 Q 离开圆轨道后经过多长时间与小球 P 相碰。



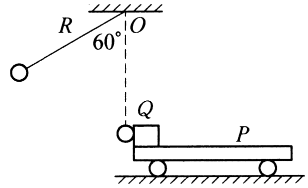
第 9 题图

10.（西安市第一中学 2017 届高三压题卷）如图所示，一条不可伸长的轻绳长为 R，一端悬于天花板上的 O 点，另一端系一质量为 m 的小球（可视为质点）。现有一个高为 h，质量为 M 的平板车 P，在其左端放有一个质量也为 m 的小物块 Q（可视为质点），小物块 Q 正好处在悬点 O 的正下方，系统静止在光滑水平面地面上。今将小球拉至悬线与竖直方向成 $60°$ 角，由静止释放，小球到达最低点时刚好与 Q 发生正碰，碰撞时间极短，且无能量损失。已知 Q 离开平板车时的速度大小是平板车速度的两倍，Q 与 P 之间的动摩擦因数为 μ，$M:m=4:1$，重力加速度为 g。求：

(1) 小物块 Q 离开平板车时速度为多大？

(2) 平板车 P 的长度为多少？

(3) 小物块 Q 落地时距小球的水平距离为多少？



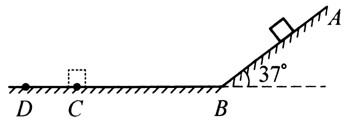
第 10 题图

11. (2018 上海市青浦区高三 4 月调研)如图所示,质量为 $m=4$ kg 的小物块从倾角 $\theta=37^\circ$ 的光滑斜面上的 A 点由静止开始下滑,经过 B 点后进入粗糙水平面,已知 AB 长度为 3 m,斜面末端 B 处与粗糙水平面平滑连接。($g=10\ \text{m/s}^2$, $\sin 37^\circ=0.6$, $\cos 37^\circ=0.8$) 试求:

(1) 小物块滑到 B 点时的速度大小;

(2) 若小物块从 A 点开始运动到 C 点停下,一共经历时间 $t=2.5$ s,求 BC 的长度;

(3) 上问中,小物块与水平面的动摩擦因数 μ 多大?



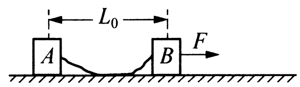
第 11 题图

12. (2018 天津重点中学高三联考)光滑水平面上放着质量为 $m_A=2.5$ kg 的物块 A 与质量为 $m_B=1.5$ kg 的物块 B, A 与 B 均可视为质点,物块 A、B 相距 $L_0=0.4$ m, A、B 间系一长 $L=1.0$ m 的轻质细绳,开始时 A、B 均处于静止状态,如图所示。现对物块 B 施加一个水平向右的恒力 $F=5$ N,物块 B 运动一段时间后,绳在短暂时间内被拉断,绳断后经时间 $t=0.6$ s,物块 B 的速度达到 $v_t=3$ m/s。求:

(1) 绳拉断后瞬间的速度 v_B 的大小;

(2) 绳拉断过程绳对物块 B 的冲量 I 的大小;

(3) 绳拉断过程绳对物块 A 所做的功 W。



第 12 题图

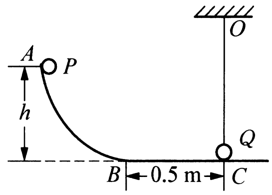
专题预测

13. 如图所示，光滑曲面 AB 与动摩擦因数为 $\mu = 0.4$ 的粗糙水平面 BC 相切与 B 点。用细线栓一质量为 $m = 1\ \text{kg}$ 小球 Q，细线长 $L = 1.5\ \text{m}$，细线的另一端悬于 Q 点的正上方 O 点。球 Q 在 C 点时，对 C 点无压力。质量与 Q 相等的小球 P 自高 $h = 1.0\ \text{m}$ 处沿曲面 AB 由静止开始滑下，在水平面上与球 Q 正碰，若碰撞过程中无机械能损失。已知 $s_{BC} = 0.5\ \text{m}$，$g = 10\ \text{m/s}^2$，求：

(1) P 第一次与 Q 碰撞前的速度大小 v_0；

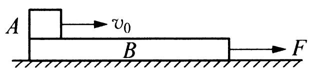
(2) P 与 Q 第一次碰撞后，小球 Q 上升的最大高度 H；

(3) 小球 P 与 Q 最多能碰撞几次？



第 13 题图

14. 物体 A 的质量为 $m_1 = 1\ \text{kg}$，静止在光滑水平面上的木板 B 的质量为 $m_2 = 0.5\ \text{kg}$、长 $l = 1\ \text{m}$，某时刻 A 以 $v_0 = 4\ \text{m/s}$ 的初速度滑上木板 B 的上表面，为使 A 不至于从 B 上滑落，在 A 滑上 B 的同时，给 B 施加一个水平向右的拉力 F，若 A 与 B 之间的动摩擦因素为 $\mu = 0.2$，试求拉力 F 应满足的条件(忽略物体 A 的大小)。



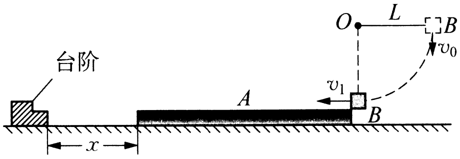
第 14 题图

15. 如图所示，木板 A 静止在光滑水平面上，其左端与固定台阶相距 x，与滑块 B(可视为质点)相连的细线一端固定在 O 点，水平拉直细线并给 B 一个竖直向下的初速度 v_0，且 $v_0=\sqrt{2gL}$，当 B 到达最低点时，被一颗水平向左飞来的子弹 C 击中(子弹留在滑块 B 内)。被击中后的物体 B 恰好将细线拉断，之后 B(内含子弹)从木板 A 右端上表面水平滑入。已知 A 的质量为 $2m$，B 的质量为 $0.9m$，子弹的质量为 $0.1m$，A、B 之间动摩擦因数为 μ，细线长为 L、能承受的最大拉力 $T_m=9mg$；A 足够长，B 不会从 A 表面滑出；A 与台阶碰撞无机械能损失，不计空气阻力，重力加速度为 g。

(1) 求细线被拉断瞬间 B 的速度大小 v_1；

(2) 求子弹击中滑块 B 前的速度大小 v_0'；

(3) 若 A 与台阶只发生一次碰撞，求 x 满足的条件。



第 15 题图

专题四　连接体与叠加体的力学问题

适应训练

1. 如图所示，有材料相同的 P、Q 两物块通过轻绳相连，并在拉力 F 作用下沿斜面向上运动，轻绳与拉力 F 的方向均平行于斜面。当拉力 F 一定时，Q 受到绳的拉力（　　）。

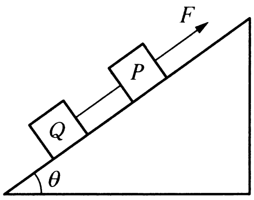
A．与斜面倾角 θ 有关　　B．与动摩擦因数有关

C．与系统运动状态有关　　D．仅与两物块质量有关

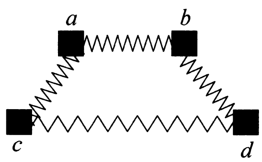
2. 如图所示，粗糙水平面上 a、b、c、d 四个相同小物块用四根完全相同的轻弹簧连接，正好组成一个等腰梯形，系统静止。a、b 之间，a、c 之间以及 b、d 之间的弹簧长度相同且等于 c、d 之间弹簧长度的一半，a、b 之间弹簧弹力大小为 c、d 之间弹簧弹力大小的一半。若 a 受到的摩擦力大小为 f，则下列说法中不正确的是（　　）。

A．a、b 之间的弹簧一定是压缩的　　B．b 受到的摩擦力大小为 f

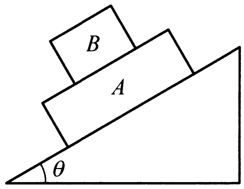
C．d 受到的摩擦力大小为 $2f$　　D．c 受到的摩擦力大小为 $\sqrt{3}f$



第 1 题图



第 2 题图



第 3 题图

3. 如图所示，倾角为 θ 的固定斜面足够长，一质量为 m 上表面光滑的足够长的长方形木板 A 正以速度 v_0 沿斜面匀速下滑，某时刻将质量为 $2m$ 的小滑块 B 无初速度地放在木板 A 上，则滑块与木板都在滑动的过程中（　　）。

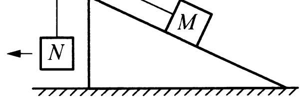
A．木板 A 的加速度大小为 $3g\sin\theta$

B．木板 A 的加速度大小为零

C．A、B 组成的系统所受合外力的冲量一定为零

D．木板 A 的动量为 $\frac{1}{3}mv_0$ 时，小滑块 B 的动量为 $\frac{2}{3}mv_0$

真题演练



第 4 题图

4. （2019 全国卷Ⅰ）如图所示，一粗糙斜面固定在地面上，斜面顶端装有一光滑定滑轮，其一端悬挂物体 N，另一端与斜面上的物体 M 相连，系统处于静止状态。现用水平向左的拉力缓缓拉动 N，直至悬挂 N 的细绳与竖直方向成 45°。已知 M 始终保持静止，则在此

过程中(　　)。

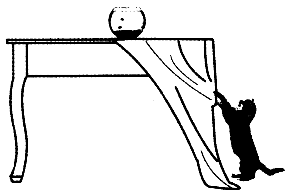
A. 水平拉力的大小可能保持不变

B. M所受细绳拉力大小一定一直增加

C. M所受斜面的摩擦力大小一定一直增加

D. M所受斜面的摩擦力大小可能先减小后增加

5. (2016·江苏卷)如图所示,一只猫在桌边猛地将桌布从鱼缸下拉出,鱼缸最终没有滑出桌面。若鱼缸、桌布、桌面两两之间的动摩擦因数均相等,则在上述过程中(　　)。



第5题图

A. 桌布对鱼缸摩擦力的方向向左

B. 鱼缸在桌布上的滑动时间和在桌面上的相等

C. 若猫增大拉力,鱼缸受到的摩擦力将增大

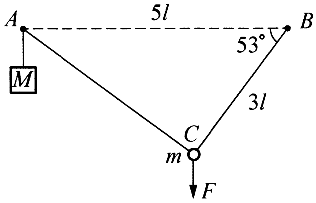
D. 若猫减小拉力,鱼缸有可能滑出桌面

6. (2018江苏卷)如图所示,钉子A、B相距$5l$,处于同一高度。细线的一端系有质量为M的小物块,另一端绕过A固定于B。质量为m的小球固定在细线上C点,B、C间的线长为$3l$。用手竖直向下拉住小球,使小球和物块都静止,此时BC与水平方向的夹角为53°。松手后,小球运动到与A、B相同高度时的速度恰好为零,然后向下运动。忽略一切摩擦,重力加速度为g,取$\sin 53° = 0.8$, $\cos 53° = 0.6$。求:

(1) 小球受到手的拉力大小F;

(2) 物块和小球的质量之比$M:m$;

(3) 小球向下运动到最低点时,物块M所受的拉力大小T。

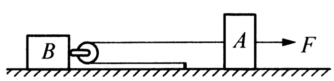


第6题图

7. (2016·海南卷)水平地面上有质量分别为m和$4m$的物体A和B,两者与地面的动摩擦因数均为μ,细绳的一端固定,另一端跨过轻质动滑轮与A相连,动滑轮与B相连,如图所示。初始时,绳处于水平拉直状态。若物块A在水平向右的恒力F作用下向右移动了距离s,重力加速度大小为g。求:

(1) 物块B克服摩擦力所做的功;

(2) 物块A、B的加速度大小。



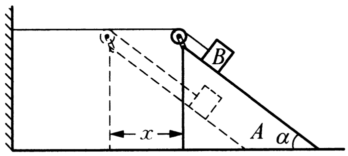
第7题图

8. (2016・江苏卷)如图所示,倾角为 α 的斜面 A 被固定在水平面上,细线的一端固定于墙面,另一端跨过斜面顶端的小滑轮与物块 B 相连,B 静止在斜面上。滑轮左侧的细线水平,右侧的细线与斜面平行。A、B 的质量均为 m。撤去固定 A 的装置后,A、B 均做直线运动。不计一切摩擦,重力加速度为 g。求:

(1) A 固定不动时,A 对 B 支持力的大小 N;

(2) A 滑动的位移为 x 时,B 的位移大小 s;

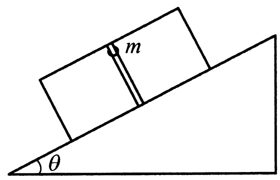
(3) A 滑动的位移为 x 时的速度大小 v_A。



第 8 题图

模拟训练

9. (2019 上饶市三模)如图所示,倾角为 θ 的固定斜面上放置一矩形木箱,箱中有垂直于底部的固定光滑直杆,箱和杆的总质量为 M。质量为 m 的铁环从杆的上端由静止开始下滑,铁环下滑的过程中木箱始终保持静止,在铁环到达箱底之前(   )。



第 9 题图

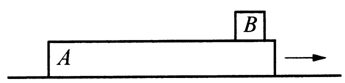
A. 箱对斜面的压力大小为 $Mg\cos\theta$

B. 箱对斜面的压力大小为 $(m+M)g\cos\theta$

C. 斜面对箱的摩擦力大小为 $(m+M)g\sin\theta$

D. 斜面对箱的摩擦力大小为 $Mg\sin\theta$

10. (2018 重庆一中 2018 届 5 月调研)如图所示,水平面上有一块足够长的木板 A,上面叠放着物块 B。已知 A、B 的质量都为 m,A 与地面间的动摩擦因数为 $\mu_1=0.2$,A 与 B 间的动摩擦因数为 $\mu_2=0.1$,重力加速度 g 取 $10\ m/s^2$。若给 A 一个水平向右的初速度,在以后的运动中,A、B 加速度的大小可能为(   )。



第 10 题图

A. $a_A=5\ m/s^2$, $a_B=1\ m/s^2$

B. $a_A=2\ m/s^2$, $a_B=2\ m/s^2$

C. $a_A=3\ m/s^2$, $a_B=5\ m/s^2$

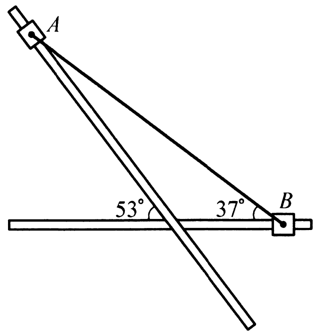
D. $a_A=1\ m/s^2$, $a_B=1\ m/s^2$

11. (2019 上饶市三模)如图所示，滑块 A、B 的质量均为 m，A 套在固定的倾斜直杆上，倾斜杆与水平面成 $53°$ 角，B 套在固定的水平直杆上，两杆彼此靠近但不接触(即两杆间距离忽略不计，可视为在同一竖直平面内)。A、B 通过铰链用长度为 L 的刚性轻杆连接，初始时轻杆与水平面成 $37°$ 角。A、B 均由静止释放，B 开始沿水平杆向右运动，不计一切摩擦，滑块 A、B 视为质点。假设两直杆均足够长，A、B 始终没有滑出杆。重力加速度大小为 g。求：

(1) A 到达与 B 在同一水平面时，A 的速度是多少？

(2) 当 A 的速度最小时，B 的速度为多少？

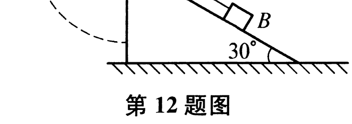
(3) 当 B 的速度最小时，A 的速度为多少？



第 11 题图

专题预测

12. 如图所示，一根不可伸长的轻绳两端分别系着小球 A 和物块 B，跨过固定于斜面体顶端的小滑轮 O，倾角为 $30°$ 的斜面体置于水平地面上。A 的质量为 m，B 的质量为 $4m$。开始时，用手托住 A，使 OA 段绳恰处于水平伸直状态(绳中无拉力)，OB 绳平行于斜面，此时 B 静止不动。将 A 由静止释放，在其下摆过程中，斜面体始终保持静止，下列判断中错误的是(　　)。



第 12 题图

A．物块 B 受到的摩擦力先减小后增大

B．地面对斜面体的摩擦力方向一直向右

C．小球 A 所受重力的功率先增大后减小

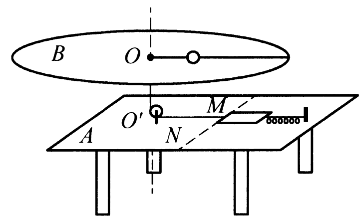
D．小球 A 的机械能先增大后减小

13. 如图所示，水平桌面 A 上直线 MN 将桌面分成两部分，左侧桌面光滑，右侧桌面粗糙。在 A 上放长 $L=0.1\ \mathrm{m}$ 的均匀方木板，木板左端刚好与 MN 对齐（此时弹簧压缩了 $0.05\ \mathrm{m}$），通过细绳绕过光滑的定滑轮与正上方的一水平圆盘 B 上的小球（可看成质点）相连，小球质量与木板质量相等，小球套在沿圆盘半径方向的光滑细杆上，细杆固定在圆盘上，细线刚好绷直。木板右端与一劲度系数 $k=40\ \mathrm{N/m}$ 的轻弹簧相连，轻弹簧另一端固定在挡板上。现用力 F 沿杆方向拉动小球，通过细线使木板缓慢向左运动，当木板刚好离开粗糙面时，拉力做功 $W=0.3\ \mathrm{J}$。

(1) 上述过程中，因摩擦而产生的热量是多少？

(2) 写出上述过程中 F 随小球运动位移 x 的关系式，并画出 F-x 图象。

(3) 若将"力 F 拉小球"改为"使 B 绕轴 OO' 转动"，仍实现上述过程，则杆对小球至少需要做多少功？已知开始时小球离圆盘中心的距离 $r=0.1\ \mathrm{m}$。

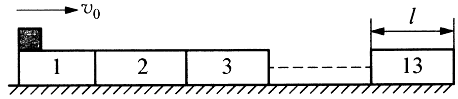


第 13 题图

14. 完全相同的十三个扁长木块紧挨着放在水平地面上，如图所示，每个木块的质量 $m=0.40\ \mathrm{kg}$，长度 $L=0.5\ \mathrm{m}$。它们与地面间的动摩擦因数均为 $\mu_1=0.10$，原来所有木块处于静止状态。左方第一个木块的左端上方放一质量为 $M=1.0\ \mathrm{kg}$ 的小铅块，它与木块间的动摩擦因数为 $\mu_2=0.20$。物体所受最大静摩擦力与滑动摩擦力相等，现突然给铅块一向右的初速度 $v_0=5\ \mathrm{m/s}$，使其开始在木块上滑行。重力加速度 $g=10\ \mathrm{m/s^2}$，设铅块的长度与木块长度 L 相比可以忽略。

(1) 铅块在第几块木块上运动时，能带动它右面的木块一起运动？

(2) 小铅块最终是滑出所有木块，还是停在木块上？若停在木块上，求出铅块停在木块上的位置。



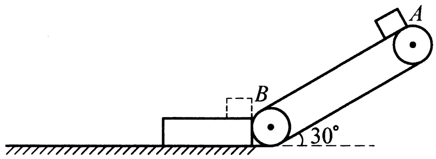
第 14 题图

15. 如图所示，某传送带与水平地面夹角 $\theta = 30^\circ$，A、B 之间距离 $L_1 = \frac{5}{3}$ m，传送带以 $v_0 = 1.0$ m/s 的速率转动，质量为 $M = 1.0$ kg，长度 $L_2 = 1.0$ m 的木板上表面与小物块的动摩擦因数 $\mu_2 = 0.4$，下表面与水平地面间的动摩擦因数 $\mu_3 = 0.1$，开始时长木板靠近传送带 B 端并处于静止状态。现从传送带上端 A 无初速地放一个质量为 $m = 1.0$ kg 的小物块，它与传送带之间的动摩擦因数为 $\mu_1 = \frac{\sqrt{3}}{6}$，（假设物块在滑离传送带至木板右端时速率不变，重力加速度 $g = 10\ \text{m/s}^2$），求：

(1) 若传送带顺时针转动，物块从 A 到 B 的时间 t_{AB}（结果可用根式表示）；

(2) 若传送带逆时针转动，物块从 A 运动到 B 时的速度 v_B；

(3) 在上述第(2)问基础上，从物块滑上木板开始计时，求之后物块运动的总时间 T。

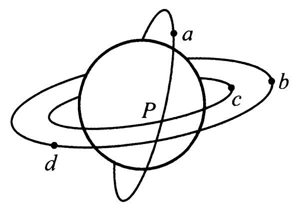


第 15 题图

专题 5　万有引力与航天

适应训练

1. 如图所示，a、b、c、d 是在地球大气层外的圆形轨道上运行的四颗人造卫星。其中 a、c 的轨道相交于 P，b、d 在同一个圆轨道上。某时刻 b 卫星恰好处于 c 卫星的正上方，下列说法中正确的是(　　)。



第 1 题图

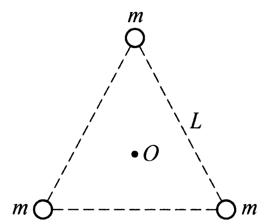
A．a、c 的线速度大小相等，且小于 d 的线速度

B．b、c 的角速度大小相等，且小于 a 的角速度

C．a、c 的加速度大小相等，且大于 b 的加速度

D．b 再经过一个周期又在 c 的正上方

2. 宇宙间存在一些离其他恒星较远的三星系统，其中有一种三星系统如图所示，三颗质量均为 m 的星位于等边三角形的三个顶点，三角形边长为 L，忽略其他星体对它们的引力作用，三星在同一平面内绕三角形中心 O 做匀速圆周运动，引力常量为 G，下列说法中正确的是(　　)。



第 2 题图

A．每颗星做圆周运动的角速度为 $\sqrt[3]{\frac{Gm}{L^3}}$

B．每颗星做圆周运动的加速度与三星的质量无关

C．若距离 L 和每颗星的质量 m 都变为原来的 2 倍，则周期变为原来的 2 倍

D．若距离 L 和每颗星的质量 m 都变为原来的 2 倍，则线速度变为原来的 4 倍

真题演练

3. (2019 北京卷)2019 年 5 月 17 日，我国成功发射第 45 颗北斗导航卫星，该卫星属于地球静止轨道卫星(同步卫星)。该卫星(　　)。

A．入轨后可以位于北京正上方　　B．入轨后的速度大于第一宇宙速度

C．发射速度大于第二宇宙速度　　D．若发射到近地圆轨道所需能量较少

4. (2018 全国卷Ⅲ)2018 年 2 月，我国 500 m 口径射电望远镜(天眼)发现毫秒脉冲星“J0318+0253”，其自转周期 $T=5.19$ ms，假设星体为质量均匀分布的球体，已知万有引力常量为 $6.67\times10^{-11}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$。以周期 T 稳定自转的星体的密度最小值约为(　　)。

A．$5\times10^{9}\ \text{kg/m}^3$　　B．$5\times10^{12}\ \text{kg/m}^3$　　C．$5\times10^{15}\ \text{kg/m}^3$　　D．$5\times10^{18}\ \text{kg/m}^3$

5. (2018 江苏卷)我国高分系列卫星的高分辨对地观察能力不断提高。今年 2018 年 5 月 9 日发射的“高分五号”轨道高度约为 705 km，之前已运行的“高分四号”轨道高度约为 36 000 km，它们都绕地球做圆周运动。与“高分四号”相比，下列物理量中“高分五号”较小的是(　　)。

A．周期　　B．角速度　　C．线速度　　D．向心加速度

6.（2018 全国卷Ⅰ）2017 年，人类第一次直接探测到来自双中子星合并的引力波。根据科学家们复原的过程，在两颗中子星合并前约 100 s 时，它们相距约 400 km，绕二者连线上的某点每秒转动 12 圈，将两颗中子星都看作是质量均匀分布的球体，由这些数据、万有引力常量并利用牛顿力学知识，可以估算出这一时刻两颗中子星（　　）。

A．质量之积　　B．质量之和　　C．速率之和　　D．各自的自转角速度

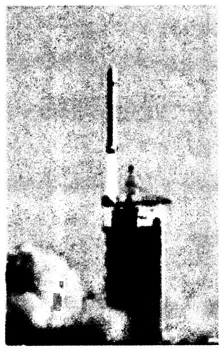
7.（2018 天津卷）2018 年 2 月 2 日，我国成功将电磁监测试验卫星“张衡一号”发射升空，标志我国成为世界上少数拥有在轨运行高精度地球物理场探测卫星的国家之一。通过观测可以得到卫星绕地球运动的周期，并已知地球的半径和地球表面的重力加速度。若将卫星绕地球的运动看作是匀速圆周运动，且不考虑地球自转的影响，根据以上数据可以计算出卫星的（　　）。

A．密度

B．向心力的大小

C．离地高度

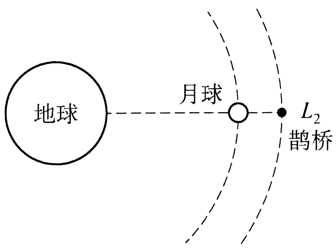
D．线速度的大小



第 7 题图

模拟训练

8.（2019 上饶市三模）2018 年 5 月 21 日，嫦娥四号中继星“鹊桥”搭乘长征四号丙运载火箭升空，为嫦娥四号登陆月球背面做准备。为保证地月通信的稳定，“鹊桥”必须定位在“地月系统拉格朗日—2 点”（简称地月 L_2 点），在该点地球、月球和“鹊桥”位于同一直线上，且“鹊桥”和月球一起同步绕地球做圆周运动。下列说法中正确的是（　　）。



第 8 题图

A．“鹊桥”的加速度小于月球的加速度

B．“鹊桥”的线速度小于月球的线速度

C．地球对月球的引力大于月球对“鹊桥”的引力

D．“鹊桥”的向心加速度大于地球同步卫星的向心加速度

9.（2017 广东肇庆市高三二模）美国国家科学基金会 2010 年 9 月 29 日宣布，天文学家发现一颗迄今为止与地球最类似的太阳系外的行星，如图所示，这颗行星距离地球约 20 亿光年（189.21 万亿公里），公转周期约为 37 年，这颗名叫 Gliese581g 的行星位于天秤座星群，它的半径大约是地球的 2 倍，重力加速度与地球相近。则下列说法中正确的是（　　）。



第 9 题图

A．飞船在 Gliese581g 表面附近运行时的速度小于 9 km/s

B．该行星的平均密度约是地球平均密度的$\frac{1}{2}$

C．该行星的质量约为地球质量的 2 倍

D．在地球上发射航天器到达该星球，航天器的发射速度至少要达到第三宇宙速度

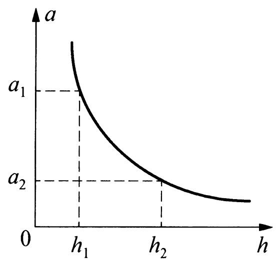
10.（2017 届河北省张家口市五个一联盟二模）研究表明，地球自转在逐渐变慢，3 亿年前地球自转的周期约为 22 小时。假设这种趋势会持续下去，地球的其他条件都不变，则未来与现在相

比（　　）。

A．地球的第一宇宙速度变小　　B．地球赤道处的重力加速度变小

C．地球同步卫星距地面的高度变小　　D．地球同步卫星的线速度变小

11.（2019 上饶市二模）据报道，科学家们在距离地球 20 万光年外发现了首颗系外“宜居”行星，假设该行星是密度均匀的球形星体，它对其周围物体的万有引力使物体产生的加速度用 a 表示，物体到行星表面的距离用 h 表示，a 随 h 变化的图象如图所示。图中 a_1、h_1、a_2、h_2 及万有引力常量 G 均为已知。根据以上数据不能计算出（　　）。



第 11 题图

A．行星的第一宇宙速度

B．行星的半径

C．行星的密度

D．行星的自转周期

专题预测

12. 2016 年 5 月，天文爱好者迎来“火星冲日”的美丽天象。“火星冲日”是指火星和太阳正好分处于地球的两侧，三者几乎成一直线。若已知火星和地球几乎在同一平面内沿同一方向绕太阳做匀速圆周运动，地球绕太阳的公转周期为 T，火星相邻两次冲日的时间间隔为 t_0，则火星绕太阳运行的周期为（　　）。

A．$\dfrac{t_0^2}{T}$　　B．$\dfrac{T^2}{t_0}$　　C．$\dfrac{t_0-T}{t_0}T$　　D．$\dfrac{t_0}{t_0-T}T$

13. 我国志愿者王跃曾与俄罗斯志愿者一起进行“火星 500”的实验活动。假设王跃登陆火星后，测得火星半径是地球半径的$\dfrac{1}{2}$，质量是地球质量的$\dfrac{1}{9}$。已知地球表面的重力加速度是 g，地球的半径为 R，王跃在地面上能向上竖直跳起的最大高度是 h，忽略自转的影响，下列说法中正确的是（　　）。

A．火星的密度为$\dfrac{2g}{3\pi GR}$

B．火星表面的重力加速度是$\dfrac{2}{9}g$

C．火星的第一宇宙速度与地球的第一宇宙速度之比为$\dfrac{2}{3}$

D．王跃以在地球上相同的初速度在火星上起跳后，能达到的最大高度是$\dfrac{9}{4}h$

14. 2015 年是爱因斯坦的广义相对论诞生 100 周年。广义相对论预言了黑洞、引力波、水星进动、光线偏折等七大天文现象。北京时间 2016 年 2 月 11 日 23∶40 左右，激光干涉引力波天文台（LIGO）负责人宣布，人类首次发现了引力波。它来源于距地球之外 13 亿光年的两个黑洞（甲黑洞的质量为太阳质量的 26 倍，乙黑洞的质量为太阳质量的 39 倍）互相绕转最后合并的过程。合并前两个黑洞互相绕转形成一个双星系统，已知万有引力常量 G。关于此双星系统，下列说法中正确的是（　　）。

A．若已知两黑洞的绕行周期和太阳质量，可以估算出两黑洞的距离

B．甲、乙两个黑洞绕行的线速度之比为 26∶39

C．甲、乙两个黑洞绕行的向心加速度之比为 $39^2:26^2$

D．质量大的黑洞旋转半径大

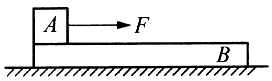
15. 由于地球的自转，物体在地球上不同纬度处随地球自转所需向心力的大小不同，因此同一个物体在地球上不同纬度处重力大小也不同，在地球赤道上的物体受到的重力与其在地球两极点受到的重力大小之比约为 299∶300，因此我们通常忽略两者的差异，可认为两者相等。而有些星球，却不能忽略。假如某星球因为自转的原因，一物体在赤道上的重力与其在该星球两极点受到的重力大小之比为 7∶8，已知该星球的半径为 R，求：

(1) 绕该星球运动的同步卫星的轨道半径 r；

(2) 若已知该星球赤道上的重力加速度大小为 g，万有引力常量为 G，求该星球的密度 ρ。

专题六　功和能

适应训练



第 1 题图

1. 如图所示，光滑水平面上放着足够长的木板 B，木板 B 上放着木块 A，A、B 间的接触面粗糙，现在用一水平拉力 F 作用在 A 上，使其由静止开始运动，则下列说法中正确的是（　　）。

A．拉力 F 做的功等于 A、B 系统动能的增加量

B．拉力 F 做的功大于 A、B 系统动能的增加量

C．拉力 F 和 B 对 A 做的功之和小于 A 的动能的增加量

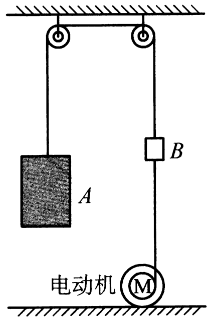
D．A 对 B 做的功等于 B 的动能的增加量

2. 如图所示是一种升降电梯的模型示意图，A 为轿厢，B 为平衡重物，A、B 的质量分别为 $M=1.5\ \text{kg}$ 和 $m=1.0\ \text{kg}$，A、B、电动机由不可伸长轻质绳连接，定滑轮不计质量，在固定于地面的电动机牵引下使轿厢由静止开始向上运动，电动机输出功率 10 W 保持不变，轿厢上升 1 m 时恰好达到最大速度，之后匀速上升时电动机输出功率仍然不变。不计一切阻力，重力加速度 $g=10\ \text{m/s}^2$。在轿厢向上运动过程中，求：

(1) 轿厢恰好达到最大速度时，重物 B 下方绳子对 B 的拉力大小；

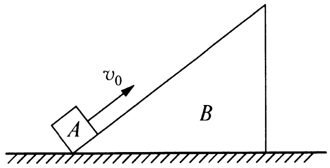
(2) 轿厢向上的加速度为 $a=2\ \text{m/s}^2$ 时，重物 B 的速度大小；

(3) 轿厢从开始运动到恰好达到最大速度所用的时间。



第 2 题图

3. 如图所示，滑块 A 以一定初速度从粗糙斜面体 B 的底端沿 B 向上滑，然后又返回，整个过程中斜面体 B 与地面之间没有相对滑动。那么滑块上滑和下滑的过程中（　　）。



第 3 题图

A．斜面体 B 受地面的摩擦力不会发生变化

B．斜面体 B 受地面的支持力大小始终等于 A 与 B 的重力之和

C．滑块上滑过程中重力的平均功率大于下滑过程中重力的平均功率

D．滑块上滑过程中损失的机械能大于下滑过程中损失的机械能

真题演练

4.（2019 全国卷Ⅱ）从地面竖直向上抛出一物体，其机械能 $E_{总}$ 等于动能 E_k 与重力势能 E_p 之和。取地面为重力势能零点，该物体的 $E_{总}$ 和 E_p 随它离开地面的高度 h 的变化如图所示。重力加速度取 $10\ m/s^2$。由图中数据可得（　　）。

A．物体的质量为 2 kg

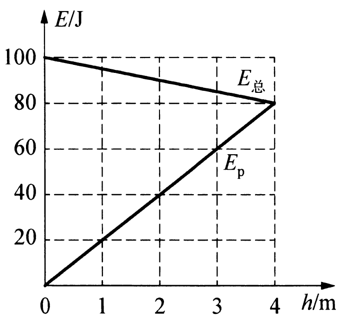
B．$h=0$ 时，物体的速率为 20 m/s

C．$h=2$ m 时，物体的动能 $E_k=40$ J

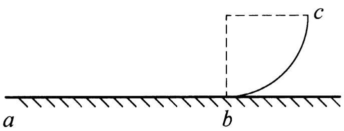
D．从地面至 $h=4$ m，物体的动能减少 100 J

5.（2018 全国卷Ⅰ）如图所示，abc 是竖直面内的光滑固定轨道，ab 水平，长度为 $2R$；bc 是半径为 R 的四分之一的圆弧，与 ab 相切于 b 点。一质量为 m 的小球。始终受到与重力大小相等的水平外力的作用，自 a 点处从静止开始向右运动，重力加速度大小为 g。小球从 a 点开始运动到其轨迹最高点，机械能的增量为（　　）。

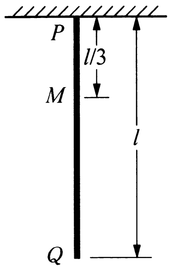
A．$2mgR$　　B．$4mgR$　　C．$5mgR$　　D．$6mgR$



第 4 题图



第 5 题图



第 6 题图

6.（2017 全国卷Ⅲ）如图所示，一质量为 m、长度为 l 的均匀柔软细绳 PQ 竖直悬挂。用外力将绳的下端 Q 缓慢地竖直向上拉起至 M 点，M 点与绳的上端 P 相距 $\frac{1}{3}l$。重力加速度大小为 g。在此过程中，外力做的功为（　　）。

A．$\frac{1}{9}mgl$　　B．$\frac{1}{6}mgl$　　C．$\frac{1}{3}mgl$　　D．$\frac{1}{2}mgl$

7.（2018 江苏卷）如图所示，轻质弹簧一端固定，另一端连接一小物块，O 点为弹簧在原长时物块的位置。物块由 A 点静止释放，沿粗糙程度相同的水平面向右运动，最远到达 B 点。在从 A

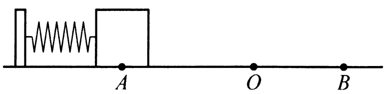
到 B 的过程中，物块(　　)。

A．加速度先减小后增大

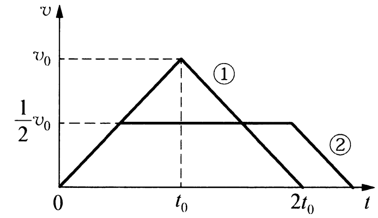
B．经过 O 点时的速度最大

C．所受弹簧弹力始终做正功

D．所受弹簧弹力做的功等于克服摩擦力做的功



第 7 题图



第 8 题图

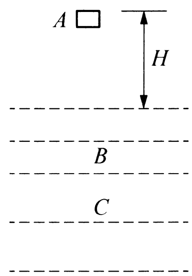
8. (2018 全国卷Ⅲ)地下矿井中的矿石装在矿车中，用电机通过竖井运送至地面。某竖井中矿车提升的速度大小 v 随时间 t 的变化关系如图所示，其中图线①、②分别描述两次不同的提升过程，它们变速阶段加速度的大小都相同；两次提升的高度相同，提升的质量相等。不考虑摩擦阻力和空气阻力。对于第①次和第②次提升过程，(　　)。

A．矿车上升所用的时间之比为 4∶5　　B．电机的最大牵引力之比为 2∶1

C．电机输出的最大功率之比为 2∶1　　D．电机所做的功之比为 4∶5

模拟训练

9. (2019 上饶市一模)如图所示，质量为 m 的小物体从空中由静止释放，运动一段时间后，进入厚度足够大的特殊区域，小物体在该区域内受到区域施加的作用力 f 的大小与物体进入的深度 d 成正比，方向竖直向上，$f=kd$，其中 k 为常数。第一次小物体从距离特殊区域上边界高 H 的 A 点释放，进入区域后，运动 h_1 到 C 点速度为零，运动到 B 点时速度最大。第二次小物体从距离特殊区域上边界高 $2H$ 的 O 点释放，运动 h_2 到 D 点速度为零。重力加速度为 g，不计空气阻力。下列说法中正确的是(　　)。



第 9 题图

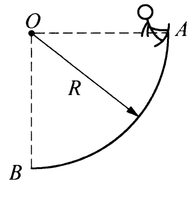
A．第一次小物体在特殊区域内克服作用力 f 做的功为 $mg(H+h_1)$

B．第一次小物体在 C 点的加速度大小大于 g

C．第二次小物体速度最大的位置在 B 点以下

D．$h_2<\sqrt{2}h_1$

10. (2018 天津十二重点中学高三联考)滑雪是一种常见的体育项目，具有很强的观赏性。半径为 R 的四分之一圆弧轨道如图所示，质量为 m 的运动员(含滑板)从 A 点由静止开始滑下，到达最低点 B 时，运动员对轨道的压力为 $2mg$，已知轨道半径远大于运动员的身高，重力加速度为 g，运动员下滑的过程中(　　)。



第 10 题图

A．机械能守恒　　B．先失重后超重

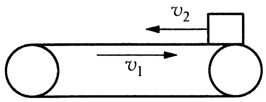
C．重力的功率一直变大　　D．阻力做功为 $\frac{1}{2}mgR$

11. （云南玉溪一中高 2018 届第四次月考）如图所示，足够长的水平粗糙传送带在电动机的带动下以大小为 v_1 的速度匀速转动，一质量为 m 的物块从传送带右侧以大小为 v_2（$v_2>v_1$）的速度向左滑上传送带，经过时间 t_1，物块与传送带相对静止，求：

（1）物块运动过程中的加速度 a 的大小；

（2）物块向左运动的最大位移 x 的大小；

（3）在 t_1 时间内，传送带因为传送物体多消耗的电能。

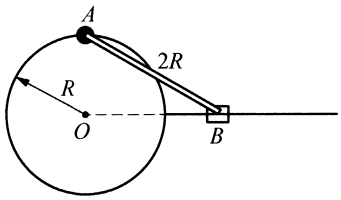


第 11 题图

12. （2016 • 山东潍坊一模）如图所示，半径为 R 的光滑圆环竖直固定，质量为 $3m$ 的小球 A 套在圆环上；长为 $2R$ 的刚性（既不伸长也不缩短）轻杆一端通过铰链与 A 连接，另一端通过铰链与滑块 B 连接；滑块 B 的质量为 m，套在水平固定的光滑杆上。水平杆与圆环的圆心 O 位于同一水平线上。现将 A 置于圆环的最高处并给 A 一微小扰动（初速度视为 0），使 A 沿圆环顺时针自由下滑，不计一切摩擦，A、B 均视为质点，重力加速度大小为 g。求：

（1）A 滑到与圆心 O 同高度时的速度大小；

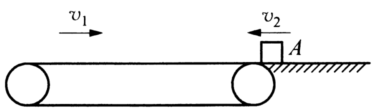
（2）A 下滑至杆与圆环第一次相切的过程中，杆对 B 做的功。



第 12 题图

专题预测

13. 足够长的绷紧的水平传送带始终以恒定速率 $v_1=2\ \text{m/s}$ 运行，如图所示。初速度大小为 $v_2=4\ \text{m/s}$ 的小墨块从与传送带等高的光滑水平面上的 A 处滑上传送带。小墨块的质量为 $m=1\ \text{kg}$，与传送带的动摩擦因素为 $\mu=0.2$，重力加速度 g 取 $10\ \text{m/s}^2$。下列说法中正确的是（　　）。



第 13 题图

A. 小墨块向左运动的最远距离为 3 m

B. 小墨块在传送带上运动过程中产生的热量为 18 J

C. 因为传送小墨块电动机多消耗的电能为 12 J

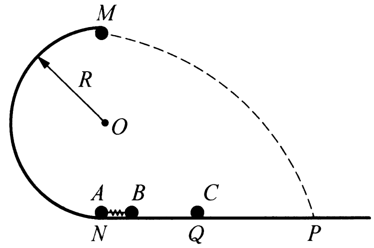
D. 小墨块在传送带上留下的痕迹长度为 4 m

14. 如图所示，半径为 R 的竖直半圆轨道 MN 的底端 N 点处有质量分别为 m 和 $2m$ 的 A、B 两小球(可视为质点)，A、B 两小球之间用短细线连接，之间夹有一被压缩的弹簧，弹簧与 A 球和 B 球均不粘连。某时刻烧断细线，A 球沿半圆形轨道运动，B 球沿水平轨道运动，且 A 球恰好能够到达轨道最高点 M，此时 B 球与质量为 $2m$ 的 C 球发生碰撞(碰撞时间不计)并黏合在一起向右运动。最后 A 球恰好在水平轨道的 P 点击中 B 球。不计一切摩擦，弹簧长度可忽略不计，重力加速度为 g，求：

(1) N、P 间距离；

(2) N、Q 间距离；

(3) B、C 两小球碰撞时损失的能量。



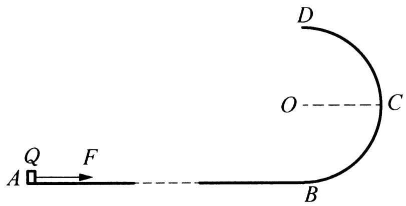
第 14 题图

15. 某游乐场中一种玩具车的运动情况可以简化为如下模型：如图所示，轨道 $ABCD$ 位于竖直平面内，水平轨道 AB 与竖直半圆轨道 BCD 相切于 B 点，C 点与圆心 O 等高，质量 $m = 10\text{ kg}$ 的小车 Q(可视为质点) 静止在水平轨道上的点 A，已知 A 点与 B 点相距 $L = 40\text{ m}$(图中 A、B 之间的虚线表示未画完整的水平轨道)，竖直圆轨道的半径 $R = 3\text{ m}$，圆弧光滑；小车在水平轨道 AB 上运动时受到的阻力恒为其重力的 0.25 倍。其他摩擦与空气阻力均忽略不计(g 取 10 m/s^2)。

(1) 若小车在水平轨道上运动时受到水平向右的恒力 F 的作用，使小车恰好能到达半圆轨道的 C 点，求恒力 F 的大小；

(2) 若小车在适当的拉力作用下，恰好能到达竖直半圆轨道的最高点 D，求小车经过半圆轨道 B 点时受到的支持力大小；

(3) 若小车用自带的电动机提供动力，电动机输出功率恒为 $P = 50\text{ W}$，要使小车不脱离轨道，求发动机工作时间 t 需满足的条件(设经过所求的时间，小车还没到 B 点)。



第 15 题图

专题七 碰撞与动量

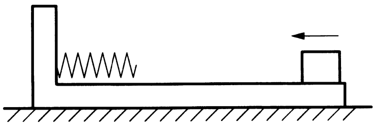
适应训练

1. 有一水龙头以每秒700 g水的流量竖直注入盆中，盆放在磅秤上，如图所示。盆中原来无水，盆的质量为500 g，注至10 s末时，磅秤的读数为83.3 N，重力加速度为9.8 m/s^2，则此时注入盆中的水流的速度约为多大？



第1题图

2. 如图所示，质量为M的长木板静止在光滑水平地面上，在木板右端有质量为m的小物块，现给物块一个水平向左的初速度v，物块向左滑行并与固定在木板左端的轻弹簧相碰，碰后返回并恰好停在长木板右端，若改变以下条件，物块仍不会滑出木板的是(弹簧所在区域板面光滑)(　　)。

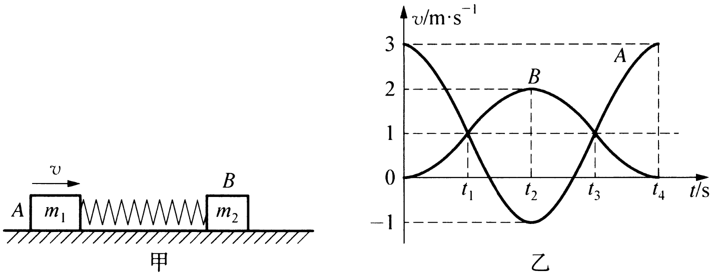


第2题图

A. 增大板的质量　　　　B. 增大物块质量

C. 增大弹簧劲度系数　　D. 增大物块初速度

3. 如图甲所示，一轻弹簧的两端与质量分别为m_1和m_2的两物块A、B相连接，并静止在光滑的水平面上。现使A瞬时获得水平向右的速度$v=3$ m/s，以此刻为计时起点，两物块的速度随时间变化的规律如图乙所示，从图象信息可得(　　)。



第3题图

A. $m_1:m_2=1:2$

B. t_2到t_3这段时间弹簧处于压缩状态

C．物块 A、B 在 t_1 与 t_3 两个时刻各自的加速度相同

D．从开始计时到 t_4 这段时间内，物块 A、B 在 t_3 时刻相距最远

真题演练

4.（2019 北京卷）雨滴落到地面的速度通常仅为几米每秒，这与雨滴下落过程中受到空气阻力有关。雨滴间无相互作用且雨滴质量不变，重力加速度为 g。

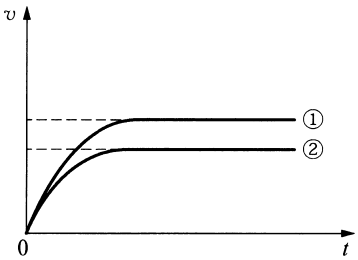
（1）质量为 m 的雨滴由静止开始，下落高度 h 时速度为 u，求这一过程中克服空气阻力所做的功 W。

（2）将雨滴看作半径为 r 的球体，设其竖直落向地面的过程中所受空气阻力 $f=kr^2v^2$，其中 v 是雨滴的速度，k 是比例系数。

a. 设雨滴的密度为 ρ，推导雨滴下落趋近的最大速度 v_m 与半径 r 的关系式；

b. 示意图中画出了半径为 r_1、r_2（$r_1>r_2$）的雨滴在空气中无初速下落的 $v-t$ 图线，其中________对应半径为 r_1 的雨滴（选填①、②）；若不计空气阻力，请在图中画出雨滴无初速下落的 $v-t$ 图线。

（3）由于大量气体分子在各方向运动的几率相等，其对静止雨滴的作用力为零。将雨滴简化为垂直于运动方向面积为 S 的圆盘，证明：圆盘以速度 v 下落时受到的空气阻力 $f\propto v^2$（提示：设单位体积内空气分子数为 n，空气分子质量为 m_0）。

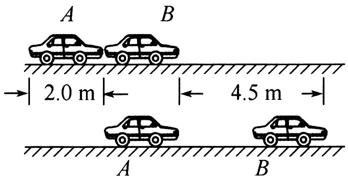


第 4 题图

5.（2018·全国卷Ⅱ）汽车 A 在水平冰雪路面上行驶。驾驶员发现其正前方停有汽车 B，立即采取制动措施，但仍然撞上了汽车 B。两车碰撞时和两车都完全停止后的位置如图所示，碰撞后 B 车向前滑动了 4.5 m，A 车向前滑动了 2.0 m。已知 A 和 B 的质量分别为 2.0×10^3 kg 和 1.5×10^3 kg，两车与该冰雪路面间的动摩擦因数均为 0.10，两车碰撞时间极短，在碰撞后车轮均没有滚动，重力加速度大小 $g=10\ \text{m/s}^2$。求：

（1）碰撞后的瞬间 B 车速度的大小；

（2）碰撞前的瞬间 A 车速度的大小。



第 5 题图

6. (2018·全国卷Ⅰ)一质量为 m 的烟花弹获得动能 E 后，从地面竖直升空。当烟花弹上升的速度为零时，弹中火药爆炸将烟花弹炸为质量相等的两部分，两部分获得的动能之和也为 E，且均沿竖直方向运动。爆炸时间极短，重力加速度大小为 g，不计空气阻力和火药的质量。求：

(1) 烟花弹从地面开始上升到弹中火药爆炸所经过的时间；

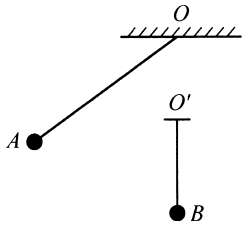
(2) 爆炸后烟花弹向上运动的部分距地面的最大高度。

模拟训练

7. (2018·山西省晋城市高三一模)所谓对接是指两艘同方向以几乎同样快慢运行的宇宙飞船在太空中互相靠近，最后连接在一起。假设“天舟一号”和“天宫二号”的质量分别为 M、m，两者对接前的在轨速度分别为 $(v+\Delta v)$、v，对接持续时间为 Δt，则在对接过程中“天舟一号”对“天宫二号”的平均作用力大小为(　　)。

A. $\dfrac{m^2\cdot\Delta v}{(M+m)\Delta t}$　　B. $\dfrac{M^2\cdot\Delta v}{(M+m)\Delta t}$　　C. $\dfrac{Mm\cdot\Delta v}{(M+m)\Delta t}$　　D. 0

8. (2019 上饶市三模)如图所示，用轻绳分别系住两个质量相等的弹性小球 A、B，绳的上端分别固定于 O、O' 点(O' 在 O 点的正下方)，A 绳长度为 L，是 B 绳长度的两倍。开始时 A 绳与竖直方向的夹角为 60°，然后让 A 球由静止释放，恰与 B 球发生对心正碰。下列说法中正确的是(　　)。



第 8 题图

A. 碰前瞬间 A 球速率为 $\sqrt{2gL}$

B. 碰后瞬间 B 球速率为 $\sqrt{gL}$

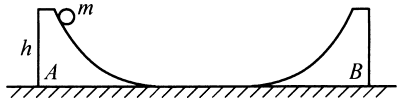
C. 碰前瞬间 A 球的角速度与碰后瞬间 B 球的角速度之比为 1∶2

D. 碰前瞬间 A 球对绳的拉力与碰后瞬间 B 球对绳的拉力之比为 2∶3

9. (2019 江西师大附中三模)如图所示，形状完全相同的光滑弧形槽 A、B 静止在足够长的光滑水平面上，两弧形槽相对放置，底端与光滑水平面相切，弧形槽高度为 h，A 槽质量为 $2m$，B 槽质量为 M。质量为 m 的小球，从弧形槽 A 顶端由静止释放，重力加速度为 g。求：

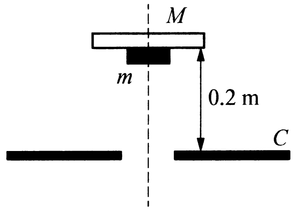
(1) 小球的最大速度；

(2) 若小球从 B 上滑下后还能追上 A，求 M，m 间所满足的关系。



第 9 题图

10. (2019上饶市二模)如图所示,有两块大小不同的圆形薄板(厚度不计),质量分别为 M 和 m,半径分别为 R 和 r,两板之间用一根长为 $L=0.4\ \mathrm{m}$ 的轻绳相连接。开始时,两板水平放置并叠合在一起,静止于离固定支架 C 高度为 $h=0.2\ \mathrm{m}$ 处,然后自由下落到支架 C 上。支架 C 上有一半径为 $R'(r<R'<R)$ 的圆孔,圆孔中心与两薄板的中心均在圆板中心轴线上,木板与支架发生没有机械能损失的碰撞。碰撞后两薄板即分离,直到轻绳绷紧。不计空气阻力。在轻绳绷紧的瞬间,两薄板立即具有共同速度 v。已知重力加速度为 $10\ \mathrm{m/s^2}$。下列说法中正确的是(　　)。



第 10 题图

A. 两板分离时速度大小为 2 m/s

B. 两板分离后再经过 0.2 s 轻绳绷紧

C. 若 $M=3m$,则在轻绳绷紧的瞬间,两物体具有共同速度 v 的方向竖直向下

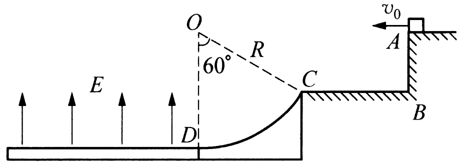
D. 若 $M=4m$,则在轻绳绷紧的瞬间,两物体具有共同速度 v 的方向竖直向上

11. (2018江西九校联考)如图所示,有一个可视为质点带正电的小物块其质量为 $m=1\ \mathrm{kg}$,电荷量 $q=1\times10^{-3}\ \mathrm{C}$,从光滑平台上的 A 点以 $v_0=2\ \mathrm{m/s}$ 的初速度水平抛出,到达 C 点时,恰好沿 C 点的切线方向进入固定在水平地面上的光滑圆弧轨道,最后小物块滑上紧靠轨道末端 D 点的质量为 $M=3\ \mathrm{kg}$ 的被固定住的长木板,最终恰停在木板的最左端。已知虚线 OD 左侧存在竖直向上的匀强电场,场强大小 $E=\dfrac{1}{3}\times10^{4}\ \mathrm{V/m}$,木板上表面与圆弧轨道末端切线相平,木板上表面粗糙,木板下表面与水平地面之间光滑,木板长度 $L=\dfrac{25}{4}\mathrm{m}$,圆弧轨道的半径为 $R=0.9\ \mathrm{m}$,C 点和圆弧的圆心连线与竖直方向的夹角 $\theta=60°$,不计空气阻力,g 取 $10\ \mathrm{m/s^2}$。求:

(1) 小物块到达圆弧轨道末端 D 点时对轨道的压力;

(2) 小物块与长木板间的动摩擦因数 μ;

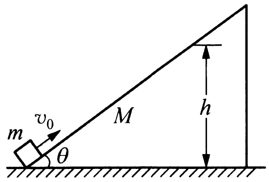
(3) 若木板未被固定,且撤掉电场,仍将滑块在 A 点以 $v_0=2\ \mathrm{m/s}$ 的初速度水平抛出,试通过计算说明小物块能否从长木板左端滑出?若能,则求出小物块和木板的最终速度,若不能,则求出小物块与木板刚保持相对静止时,木板右端与 D 点的距离。



第 11 题图

专题预测

12. 如图所示，质量为 M 的楔形物体静止在光滑的水平地面上，其斜面光滑且足够长，与水平方向的夹角为 θ，一个质量为 m 的小物块从斜面底端沿斜面向上以初速度 v_0 开始运动。当小物块沿斜面向上运动到最高点时，速度大小为 v，距地面高度为 h，则下列关系式中正确的是(　　)。



第 12 题图

A. $mv_0 = (m+M)v$

B. $mv_0\cos\theta = (m+M)v$

C. $mgh = \frac{1}{2}m(v_0\sin\theta)^2$

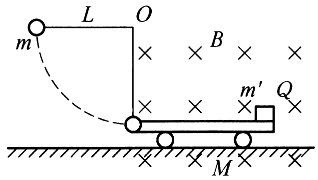
D. $mgh + \frac{1}{2}(m+M)v^2 = \frac{1}{2}mv_0^2$

13. 将带正电量 $Q=0.3\,\text{C}$，质量 $m'=0.15\,\text{kg}$ 的滑块，放在小车的绝缘板的右端，小车的质量 $M=0.5\,\text{kg}$，滑块与绝缘板间的动摩擦因数 $\mu=0.4$，小车的绝缘板足够长，它们所在的空间存在着磁感应强度 $B=2.0\,\text{T}$ 的水平方向的匀强磁场，开始时小车静止在光滑水平面上，当一个摆长为 $L=1.25\,\text{m}$，摆球质量 $m=0.4\,\text{kg}$ 的单摆从水平位置由静止释放，摆到最低点时与小车相撞，如图所示，碰撞后摆球恰好静止，g 取 $10\,\text{m/s}^2$。求：

(1) 小车碰撞后瞬间的速度是多少？

(2) 摆球与小车碰撞过程中系统损失的机械能 ΔE 是多少？

(3) 碰撞后小车的最终速度是多少？



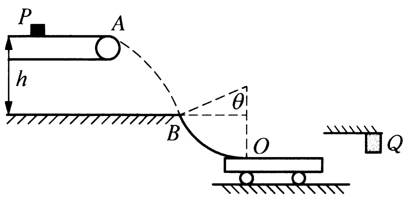
第 13 题图

14. 如图所示，质量为$m=1\text{ kg}$的可视为质点的小物块轻轻放在水平匀速运动的传送带上的P点，随传送带运动到A点后水平抛出，小物块恰好无碰撞地沿圆弧切线从B点进入竖直光滑圆弧轨道下滑，圆弧轨道与质量为$M=2\text{ kg}$的足够长的小车左端在最低点O点相切，并在O点滑上小车，水平地面光滑，当物块运动到障碍物Q处时与Q发生无机械能损失的碰撞，碰撞前物块和小车已经相对静止，而小车可继续向右运动(物块始终在小车上)，小车运动过程中和圆弧无相互作用。已知圆弧半径$R=1.0\text{ m}$，圆弧对应的圆心角θ为$53°$，A点距水平面的高度$h=0.8\text{ m}$，物块与小车间的动摩擦因素为$\mu=0.1$，重力加速度$g=10\text{ m/s}^2$，$\sin 53°=0.8$，$\cos 53°=0.6$。试求：

(1) 小物块离开A点的水平初速度v_1；

(2) 小物块经过O点时对轨道的压力；

(3) 第一次碰撞后直至静止，物块相对小车的位移和小车做匀减速运动的总时间。

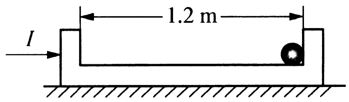


第 14 题图

15. 如图所示，有一内表面光滑的金属盒，底面长为$L=1.2\text{ m}$，质量为$m_1=1\text{ kg}$，放在水平面上，与水平面间的动摩擦因数为$\mu=0.2$，在盒内最右端放一半径为$r=0.1\text{ m}$的光滑金属球，质量为$m_2=1\text{ kg}$，现在盒的左端给盒施加一个水平冲量$I=3\text{ N}\cdot\text{s}$(盒壁厚度、球与盒发生碰撞的时间和能量损失均忽略不计)。g取10 m/s^2，求：

(1) 金属盒能在地面上运动多远？

(2) 金属盒从开始运动到最后静止所经历的时间多长？



第 15 题图

第二部分　电磁学综合

专题八　恒定电流电路分析

适应训练

1. 如图所示，A为巨磁电阻，当它周围的磁场增强时，其阻值增大，C为电容器。当开关S闭合且有磁铁靠近A时，下列说法中正确的有(　　)。

A. 电流表的示数减小　　B. 电容器C的电荷量增大

C. 电压表的示数变小　　D. 电源内部消耗的功率变大

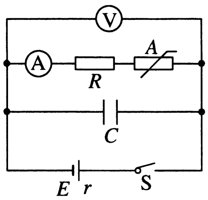
2. 如图所示，电源内阻不可忽略，电路中接有一小灯泡和一电动机。小灯泡L上标有“6 V 12 W”字样，电动机的线圈电阻$R_M=0.50\ \Omega$。若灯泡正常发光时，电源的输出电压为12 V，此时(　　)。

A. 整个电路消耗的电功率为24 W

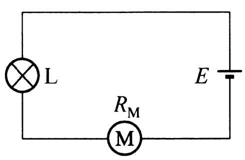
B. 电动机的热功率为12 W

C. 电动机的输出功率为12 W

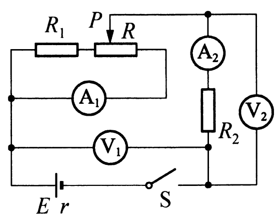
D. 电动机的输入功率为12 W



第1题图



第2题图



第3题图

3. 在如图所示的电路中，已知电阻R_1的阻值小于滑动变阻器R的最大阻值。闭合电键S，在滑动变阻器的滑片P由左端向右滑动的过程中，四个电表V_1、V_2、A_1、A_2的示数及其变化量分别用U_1、U_2、I_1、I_2、ΔU_1、ΔU_2、ΔI_1、ΔI_2表示，下列说法中正确的是(　　)。

A. U_1先变大后变小，I_1不变

B. U_1先变小后变大，I_1变小

C. $\frac{\Delta U_1}{\Delta I_2}$的绝对值先变大后变小，$\frac{\Delta U_2}{\Delta I_2}$的绝对值不变

D. U_2先变小后变大，I_2先变小后变大

真题演练

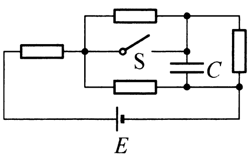
4.（2016·全国卷Ⅱ）阻值相等的四个电阻、电容器 C 及电池 E（内阻可忽略）连接成如图所示电路。开关 S 断开且电流稳定时，C 所带的电荷量为 Q_1；闭合开关 S，电流再次稳定后，C 所带的电荷量为 Q_2。Q_1 与 Q_2 的比值为（　　）。

A. $\frac{2}{5}$　　B. $\frac{1}{2}$　　C. $\frac{3}{5}$　　D. $\frac{2}{3}$

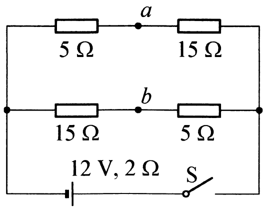
5.（2016·江苏卷）如图所示的电路中，电源电动势为 12 V，内阻为 2 Ω，四个电阻的阻值已在图中标出。闭合开关 S，下列说法中正确的有（　　）。

A. 路端电压为 10 V　　B. 电源的总功率为 10 W

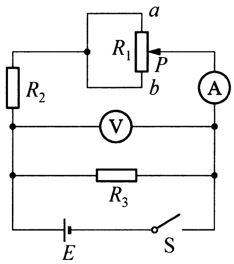
C. a、b 间电压的大小为 5 V　　D. a、b 间用导线连接后，电路的总电流为 1 A



第 4 题图



第 5 题图



第 6 题图

6.（2016·上海卷）如图所示电路中，电源内阻忽略不计。闭合电键，电压表示数为 U，电流表示数为 I，在滑动变阻器 R_1 的滑片 P 由 a 端滑到 b 端的过程中（　　）。

A. U 先变大后变小　　B. I 先变小后变大

C. U 与 I 比值先变大后变小　　D. U 变化量与 I 变化量比值等于 R_3

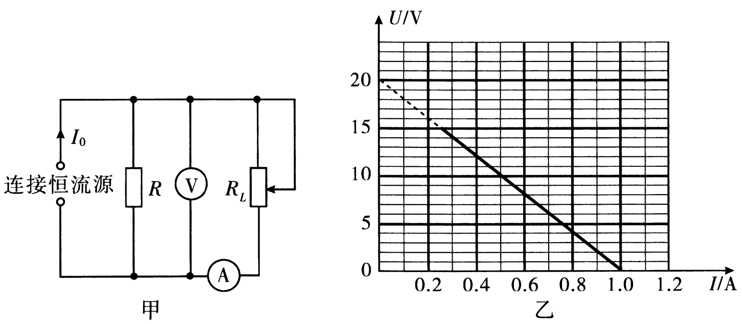
7.（2015·山东卷）如图甲所示的电路中，恒流源可为电路提供恒定电流 I_0，R 为定值电阻，电流表、电压表均可视为理想电表。某同学利用该电路研究滑动变阻器 R_L 消耗的电功率。改变 R_L 的阻值，记录多组电流、电压的数值，得到如图乙所示的 $U-I$ 关系图线。

回答下列问题：

(1) 滑动触头向下移动时，电压表示数________（填“增大”或“减小”）；

(2) I_0=________A；

(3) R_L 消耗的最大功率为________W（保留一位有效数字）。



第 7 题图

模拟训练

8.（2017·湖南邵阳第一次联考）在如图所示的电路中，灯泡 L 的电阻大于电源的内阻 r，闭合开关 S，将滑动变阻器滑片 P 向左移动一段距离后，下列结论中正确的是（　　）。

A．电容器 C 上电荷量增大　　B．电源的输出功率变大

C．灯泡 L 变暗　　D．电流表读数变小，电压表读数变大

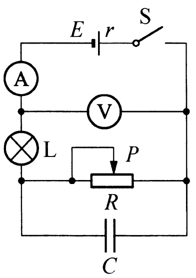
9.（2018 广东深圳一中期末）如图所示是某款理发用的电吹风的电路图，它主要由电动机 M 和电热丝 R 构成。当闭合开关 S_1、S_2 后，电动机驱动风叶旋转，将空气从进风口吸入，经电热丝加热，形成热风后从出风口吹出。已知电吹风的额定电压为 220 V，吹冷风时的功率为 120 W，吹热风时的功率为 1000 W。关于该电吹风，下列说法中正确的是（　　）。

A．电热丝的电阻为 55 Ω

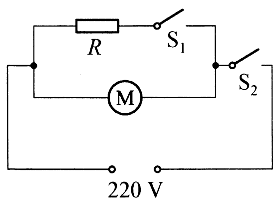
B．电动机的电阻为$\frac{1210}{3}$ Ω

C．当电吹风吹冷风时，电热丝每秒钟消耗的电能为 120 J

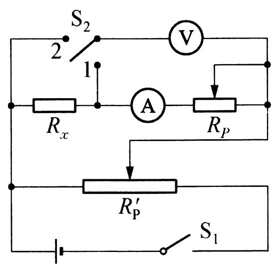
D．当电吹风吹热风时，电动机每秒钟消耗的电能为 120 J



第 8 题图



第 9 题图



第 10 题图

10.（2019 上饶市二模）用伏安法测电阻时，由于电压表、电流表内阻的影响，测量结果总存在系统误差。按如图所示的电路进行测量，可以消除这种系统误差。该实验的第一步是：闭合电键 S_1，将电键 S_2 接 2，调节滑动变阻器 R_P 和 R_P'，使电压表读数尽量接近量程，读出此时电压表和电流表的示数 U_1、I_1；接着让两滑动变阻器的滑片保持位置不动，将电键 S_2 接 1，读出这时电压表和电流表的示数 U_2、I_2。由以上记录数据计算被测电阻 R_x 的表达式是 R_x＝________。

专题预测

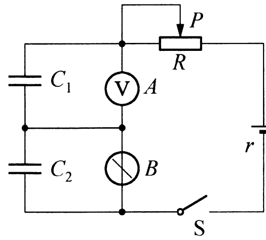
11. 如图所示为一电源电动势为 E，内阻为 r 的恒定电路，电压表 A 的内阻为 10 kΩ，B 为静电计，C_1、C_2 是两个电容器，将开关闭合一段时间，下列说法中正确的是（　　）。

A．若 $C_1 > C_2$，则电压表两端的电势差大于静电计两端的电势差

B．若将变阻器滑动触头 P 向右滑动，则电容器 C_2 上带电量增大

C．C_1 上带电量为零

D．再将电键 S 打开，然后使电容器 C_2 两极板间距离增大，则静电计张角也增大



第 11 题图

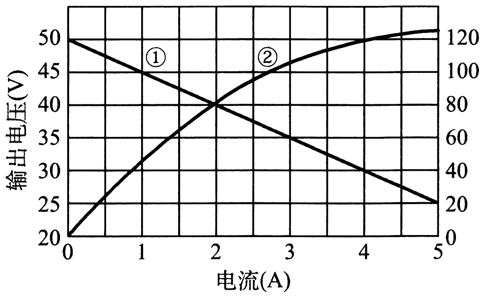
12. 如图所示，图线①表示某电池组的输出电压-电流关系，图线②表示其输出功率-电流关系。根据图线可以求出(　　)。

A．电源电动势

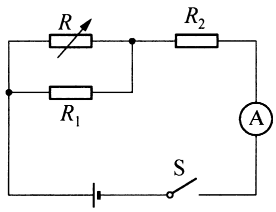
B．电源内阻

C．电池组的输出电压为 45 V 时输出功率为 100 W

D．电池组的输出功率为 120 W 时，电路消耗的总功率为 200 W



第 12 题图



第 13 题图

13. 在如图所示的电路中，电源电动势为 E，内电阻不能忽略。闭合 S 后，调整 R 的阻值，使电流表的示数增大 ΔI，在这一过程中(　　)。

A．通过 R 的电流增大，增加量大于 ΔI

B．通过 R_1 的电流减小，减小量一定为 ΔI

C．R_2 两端的电压增大，增加量为 $\Delta I \cdot R_2$

D．R_1 两端电压减小，减小量大于 $\Delta I \cdot R_2$

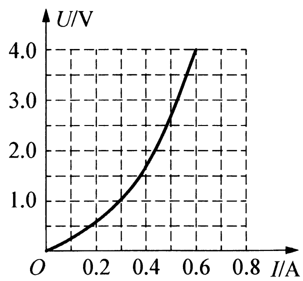
14. 某种小灯泡的伏安特性曲线如图甲所示，三个完全相同的这种小灯泡连接成如图乙所示的电路。四个电表均为理想电表。现闭合电键 S，电压表 V_1 的示数为 4.0 V。以下说法中正确的是(　　)。

A．电压表 V_2 的示数为 2.0 V

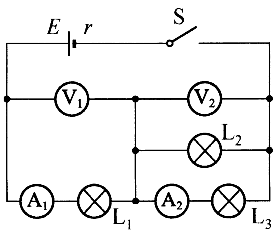
B．电流表 A_2 的示数为 0.60 A

C．电源的输出功率为 3.0 W

D．电源的电动势一定为 8 V，内阻为 5 Ω



甲



乙

第 14 题图

专题九　电场与磁场

适应训练

1. 如图所示，把一个带正电的金属小球固定在绝缘支架上放在A处，用绝缘的丝线悬挂一带正电的小球先后挂在P_1、P_2、P_3处等三个位置保持平衡，用F_1、F_2、F_3和T_1、T_2、T_3表示小球在三个位置时受到的静电力和绳子的拉力大小，则(　　)。

A. $F_1 > F_2 > F_3$

B. $T_1 > T_2 > T_3$

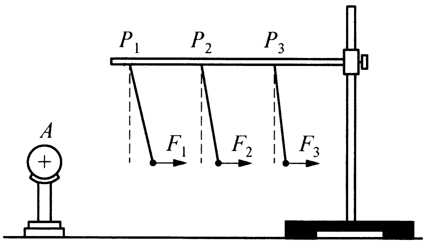
C. 悬点在同一位置，增加小球所带电量，则绳子与竖直方向夹角将增大

D. 悬点在同一位置，若只将小球所带电性改变为带负电，则绳子与竖直方向夹角将小于带正电时绳子与竖直方向的夹角

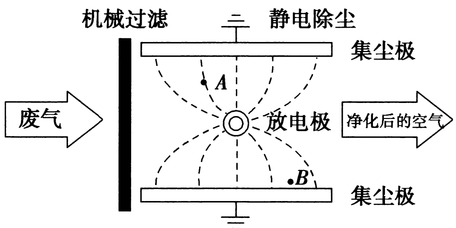
2. 如图所示为静电除尘机原理示意图，废气先经过一个机械过滤装置再进入静电除尘区，带负电的尘埃在电场力的作用下向集尘极迁移并沉积，以达到除尘目的，图中虚线为电场线(方向未标)。不考虑尘埃在迁移过程中的相互作用和电荷量的变化，则(　　)。

A. 电场线方向由放电极指向集尘极　　B. 图中A点电势高于B点电势

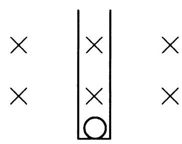
C. 尘埃在迁移过程中做匀变速运动　　D. 尘埃在迁移过程中电势能减小



第1题图



第2题图



第3题图

3. 一根中空的绝缘圆管放在光滑的水平桌面上，圆管底端有一个带正电的光滑小球，小球的直径恰好等于圆管的内径。空间存在一个竖直向下的匀强磁场，如图所示。现用一拉力F拉圆管并维持圆管以某速度水平向右匀速运动，则在圆管水平向右运动的过程中(　　)。

A. 小球也随圆管做匀速运动

B. 小球做类平抛运动，且洛伦兹力做正功

C. 小球做类平抛运动，且洛伦兹力不做功

D. 小球所受洛伦兹力一直沿圆管向管口方向

真题演练

4. (2019全国卷Ⅰ)如图所示，空间存在一方向水平向右的匀强磁场，两个带电小球P和Q

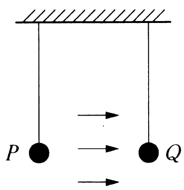
用相同的绝缘细绳悬挂在水平天花板下，两细绳都恰好与天花板垂直，则(　　)。

A．P 和 Q 都带正电荷　　B．P 和 Q 都带负电荷

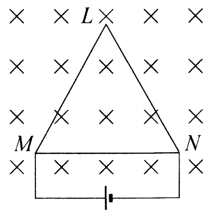
C．P 带正电荷，Q 带负电荷　　D．P 带负电荷，Q 带正电荷

5. (2019 全国卷Ⅰ)如图所示，等边三角形线框 LMN 由三根相同的导体棒连接而成，固定于匀强磁场中，线框平面与磁感应强度方向垂直，线框顶点 M、N 与直流电源两端相接，已知导体棒 MN 受到的安培力大小为 F，则线框 LMN 受到的安培力的大小为(　　)。

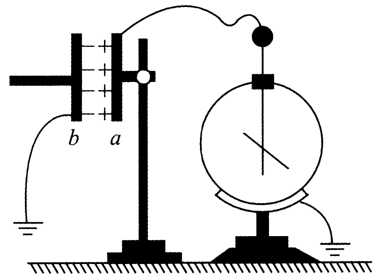
A．$2F$　　B．$1.5F$　　C．$0.5F$　　D．0



第 4 题图



第 5 题图



第 6 题图

6. (2018 北京卷)研究与平行板电容器电容大小有关因素的实验装置如图所示，下列说法中正确的是(　　)。

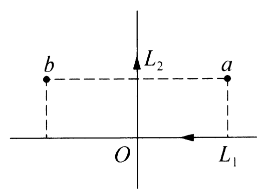
A．实验前，只用带电玻璃棒与电容器 a 板接触，能使电容器带电

B．实验中，只将电容器 b 板向上平移，静电计指针的张角变小

C．实验中，只在极板间插入有机玻璃板，静电计指针的张角变大

D．实验中，只增加极板带电量，静电计指针的张角变大，表明电容增大

7. (2018・全国卷Ⅱ)如图所示，纸面内有两条互相垂直的长直绝缘导线 L_1、L_2，L_1 中的电流方向向左，L_2 中的电流方向向上；L_1 的正上方有 a、b 两点，它们相对于 L_2 对称。整个系统处于匀强外磁场中，外磁场的磁感应强度大小为 B_0，方向垂直于纸面向外。已知 a、b 两点的磁感应强度大小分别为 $\frac{1}{3}B_0$ 和 $\frac{1}{2}B_0$，方向也垂直于纸面向外，则(　　)。



第 7 题图

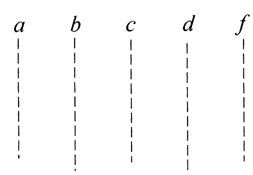
A．流经 L_1 的电流在 b 点产生的磁感应强度大小为 $\frac{7}{12}B_0$

B．流经 L_1 的电流在 a 点产生的磁感应强度大小为 $\frac{1}{12}B_0$

C．流经 L_2 的电流在 b 点产生的磁感应强度大小为 $\frac{1}{12}B_0$

D．流经 L_2 的电流在 a 点产生的磁感应强度大小为 $\frac{7}{12}B_0$

8. (2018・全国卷Ⅰ)图中虚线 a、b、c、d、f 代表匀强电场内间距相等的一组等势面，已知平面 b 上的电势为 2 V。一电子经过 a 时的动能为 10 eV，从 a 到 d 的过程中克服电场力所做的功为 6 eV。下列说法中正确的是(　　)。



第 8 题图

A．平面 c 上的电势为零

B．该电子可能到达不了平面 f

C．该电子经过平面 d 时，其电势能为 4 eV

D．该电子经过平面 b 时的速率是经过 d 时的 2 倍

模拟训练

9.（2019 年天津市河西区三模）一带电粒子仅在电场力作用下从 A 点开始以 $-v_0$ 做直线运动，其 $v-t$ 图象如图所示。粒子在 t 时刻运动到 B 点，$3t$ 时刻运动到 C 点，以下判断正确的是（　　）。

A．A、B、C 三点的电势关系为 $\varphi_B > \varphi_A > \varphi_C$

B．A、B、C 三点的场强大小关系为 $E_C > E_B > E_A$

C．粒子从 A 点经 B 点运动到 C 点，电势能先增加后减少

D．粒子从 A 点经 B 点运动到 C 点，电场力先做正功后做负功

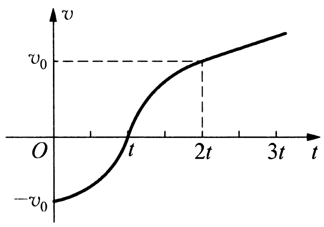
10.（2019 江西师大附中三模）如图所示为某静电场中 x 轴上各点电势 φ 的分布图，一个带电粒子在坐标原点 O 由静止释放，仅在静电力作用下沿 x 轴正方向运动，则（　　）。

A．粒子带正电

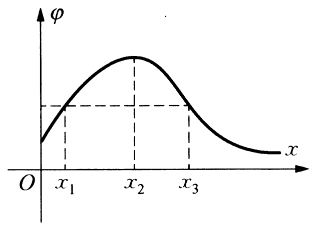
B．粒子带负电

C．粒子从 x_1 运动到 x_3，加速度先增大后减小

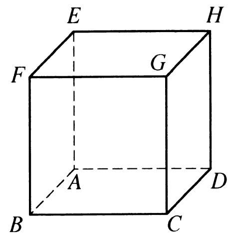
D．粒子从 x_1 运动到 x_3，加速度先减小后增大



第 9 题图



第 10 题图

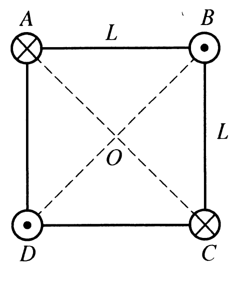


第 11 题图

11.（2018·河北定州第三次月考）如图所示，匀强电场中的点 A、B、C、D、E、F、G、H 为立方体的 8 个顶点。已知 G、F、B、D 点的电势分别为 8 V、3 V、2 V、4 V，则 A 点的电势为（　　）。

A．1 V　　B．-1 V　　C．2 V　　D．3 V

12.（2018·山东省泰安市上学期高三期末）已知通电长直导线产生的磁场中某点的磁感应强度满足 $B=k\dfrac{I}{r}$（其中 k 为比例系数，I 为电流强度，r 为该点到直导线的距离）。现有四根平行的通电长直导线，其横截面积恰好在一个边长为 L 的正方形的四个顶点上，电流方向如图所示。其中 A、C 导线中的电流大小为 I_1，B、D 导线中的电流大小为 I_2。已知 A 导线所受的磁场力恰好为零，则下列说法中正确的是（　　）。



第 12 题图

A．电流的大小关系为 $I_1=2I_2$

B．四根导线所受的磁场力都为零

C．正方形中心 O 处的磁感应强度为零

D．若移走 A 导线，则中心 O 处的磁场将沿 OB 方向

专题预测

13. 如图所示，空间某区域存在着非匀强电场，实线表示该电场的电场线，过 O 点的虚线 MN 表示该电场的一个等势面，两个相同的带正电的粒子 P、Q 分别从 A、B 两点以相同的初速度开始运动，速度方向垂直于 MN，A、B 连线与 MN 平行，且都能从 MN 左侧经过 O 点。设粒子 P、Q 在 A、B 两点的电势能分别为 E_{p1} 和 E_{p2}，经过 O 点时的速度大小分别为 v_1 和 v_2。粒子的重力不计，则(　　)。

A. $v_1 > v_2$　　B. $v_1 < v_2$　　C. $E_{p1} < E_{p2}$　　D. $E_{p1} > E_{p2}$

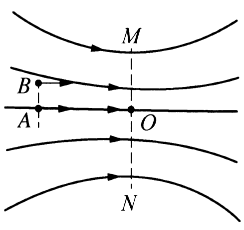
14. 1931 年英国物理学家狄拉克曾经预言，自然界应该存在只有一个磁极的磁单极子，其周围磁感线呈均匀辐射状分布，如图所示。现一半经为 R 的线状圆环其环面的竖直对称轴 CD 上某处有一固定的磁单 S 极子，与圆环相交的磁感线跟对称轴成 θ 角，圆环上各点的磁感应强度 B 大小相等，忽略空气阻力。下列说法中正确的是(　　)。

A. 若线状圆环为一闭合载流 I、方向如图中所示的导体圆环，该圆环所受安培力的方向竖直向上，大小为 BIR

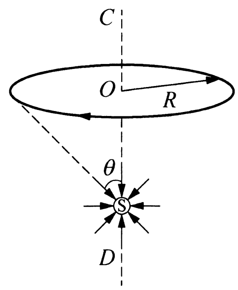
B. 若线状圆环为一闭合载流 I、方向如图中所示的导体圆环，该圆环所受安培力的方向竖直向下，大小为 $2\pi BIR\sin\theta$

C. 若线状圆环为一沿如图中所示方向运动的带电小球所形成的轨迹圆，则小球带负电

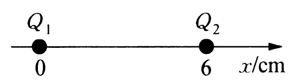
D. 若将闭合导体圆环从图示位置由静止开始释放，环中产生如图中所示反方向感应电流、加速度等于重力加速度



第 13 题图



第 14 题图



第 15 题图

15. 如图所示，真空中有两个点电荷 $Q_1 = +9.0\times10^{-8}$ C 和 $Q_2 = -1.0\times10^{-8}$ C，分别固定在 x 坐标轴上，其中 Q_1 位于 $x=0$ 处，Q_2 位于 $x=6$ cm 处。取无穷远处为零势能点，则在 x 轴上(　　)。

A. 场强为 0 的点有两处

B. 在 $x<0$ 的区域，电势均为正值

C. 质子从 $x=1$ cm 运动到 $x=5$ cm 处，电势能增大

D. 在 $0<x<6$ cm 和 $x>9$ cm 的区域，场强沿 x 轴正方向

专题十　电磁感应与交变电流

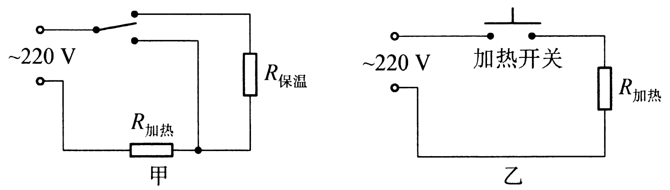
适应训练

1. 常用家庭饮水机有二种：a. 温热型饮水机，b. 即烧即用型饮水机，其简化电路图分别如甲、乙两图所示。其各自铭牌标示为：

a. 220 V，1000 W(加热)；保温 0.9 kW · h(保持水温 85℃以上，水量 800 mL)；

b. 220 V，2000 W，≥90℃，20 L/h(加热状态)，未加热状态水温即为室温。

以下选项中正确的是(　　)。



第 1 题图

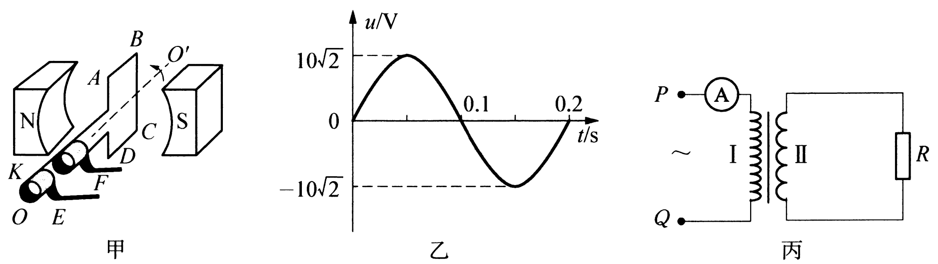
A. 温热型饮水机更符合当今社会所倡导的健康、低碳、环保的理念

B. 即烧即用型饮水机更符合当今社会所倡导的健康、低碳、环保的理念

C. 每次取用等量热水(500 mL，95℃)，温热型饮水机(保温状态)更加快捷，方便

D. 每次取用等量热水(500 mL，95℃)，即烧即用型饮水机更加快捷，方便

2. 如图甲所示，50 匝矩形闭合导线框 $ABCD$ 处于磁感应强度大小为 $B=\frac{\sqrt{2}}{10}\,\mathrm{T}$ 的水平匀强磁场中，线框电阻不计。线框匀速转动时所产生的正弦交流电压图象如图乙所示，把该交流电压加在图丙中理想变压器的 P、Q 两端。已知变压器的原线圈 Ⅰ 和副线圈 Ⅱ 的匝数比为 5∶1，交流电流表为理想电表，电阻 $R=1\,\Omega$，其他各处电阻不计，以下说法中正确的是(　　)。



第 2 题图

A. $t=0.1\,\mathrm{s}$ 时，电流表的示数为 0

B．副线圈中交流电的频率为 5 Hz

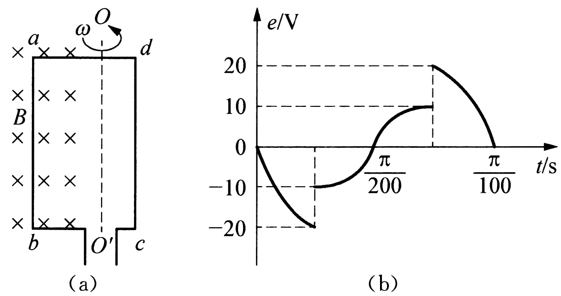
C．线框面积为$\frac{1}{5\pi}$m²

D．0.05 s 线圈可能位于图甲所示位置

3. 一矩形线框 $abcd$ 放置在如图(a)所示的有界匀强磁场中(OO'的左边有匀强磁场，右边没有)。已知线圈的匝数 $n=100$，ab 边长 $L=0.5$ m，磁场的磁感应强度 $B=1.0\times10^{-2}$ T。线圈以边界 OO' 为轴匀速转动，将线圈的两端连接到示波器的输入端，观察到线圈产生的感应电动势随时间变化的图象如图(b) 所示。求：

(1) 该电动机电动势的有效值是多少(结果可保留根号)？

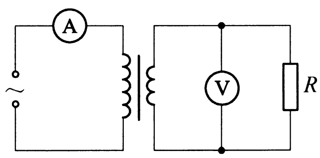
(2) ab、cd 边到 OO' 轴的距离分别是多少？



第 3 题图

真题演练

4. (2018 天津卷)教学用发电机能够产生正弦式交变电流。利用该发电机(内阻可忽略)通过理想变压器向定值电阻 R 供电，电路如图所示，理想交流电流表Ⓐ、理想交流电压表Ⓥ的读数分别为 I、U，R 消耗的功率为 P。若发电机线圈的转速变为原来的 $\frac{1}{2}$，则(　　)。



第 4 题图

A．R 消耗的功率变为$\frac{1}{2}P$　　B．电压表 V 的读数为$\frac{1}{2}U$

C．电流表 A 的读数变为 $2I$　　D．通过 R 的交变电流频率不变

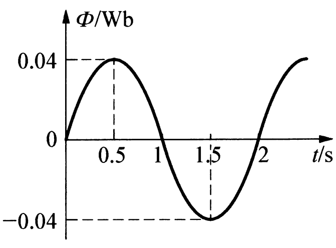
5. (2017 · 天津卷)在匀强磁场中，一个 100 匝的闭合矩形金属线圈，绕与磁感线垂直的固定轴匀速转动，穿过该线圈的磁通量随时间按图示正弦规律变化。设线圈总电阻为 2 Ω，则(　　)。

A．$t=0$ 时，线圈平面平行于磁感线

B．$t=1$ s 时，线圈中的电流改变方向

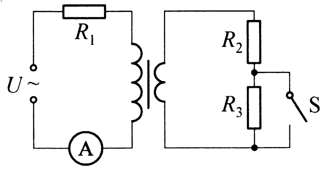
C．$t=1.5$ s 时，线圈中的感应电动势最大

D．一个周期内，线圈产生的热量为 $8\pi^2$ J



第 5 题图

6.（2016·全国卷Ⅰ）一含有理想变压器的电路如图所示，图中电阻 R_1，R_2 和 R_3 的阻值分别为 3 Ω，1 Ω 和 4 Ω，Ⓐ为理想交流电流表，U 为正弦交流电压源，输出电压的有效值恒定。当开关 S 断开时，电流表的示数为 I；当 S 闭合时，电流表的示数为 $4I$。该变压器原、副线圈匝数比为（　　）。

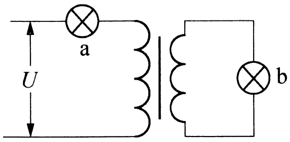


第 6 题图

A．2　　　　B．3

C．4　　　　D．5

7.（2016·全国卷Ⅲ）如图所示，理想变压器原、副线圈分别接有额定电压相同的灯泡 a 和 b。当输入电压 U 为灯泡额定电压的 10 倍时，两灯泡均能正常发光。下列说法中正确的是（　　）。



第 7 题图

A．原、副线圈匝数之比为 9∶1

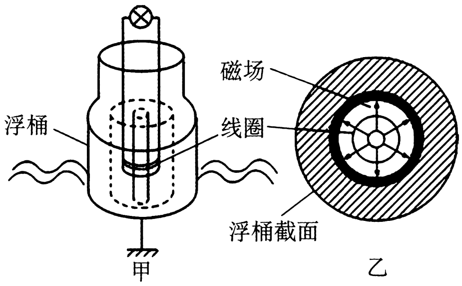
B．原、副线圈匝数之比为 1∶9

C．此时 a 和 b 的电功率之比为 9∶1

D．此时 a 和 b 的电功率之比为 1∶9

模拟训练

8.（2019 江西师大附中三模）海洋中蕴藏着巨大的能量，利用海洋的波浪可以发电。在我国南海上有一浮桶式波浪发电灯塔，其原理示意图如图甲所示。浮桶内的磁体通过支柱固定在暗礁上，浮桶内置线圈随波浪相对磁体沿竖直方向运动，且始终处于磁场中，该线圈与阻值 $R=15\ \Omega$ 的灯泡相连，浮桶下部由内、外两密封圆筒构成（图中斜线阴影部分），如图乙所示，其内为产生磁场的磁体，与浮桶内侧面的缝隙忽略不计；匝数 $N=200$ 的线圈所在处辐射磁场的磁感应强度 $B=0.2\ \text{T}$，线圈直径 $D=0.4\ \text{m}$，电阻 $r=1\ \Omega$。取重力加速度 $g=10\ \text{m/s}^2$，$\pi^2\approx10$。若浮桶随波浪上下运动的速度可表示为 $v=0.4\pi\sin(\pi t)\ \text{m/s}$。则（　　）。



第 8 题图

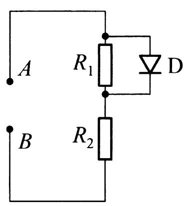
A．灯泡中电流 i 的瞬时表达式为 $i=4\sin(\pi t)\ \text{A}$

B．波浪发电产生电动势 e 的瞬时表达式为 $e=0.32\sin(\pi t)\ \text{V}$

C．灯泡的电功率为 120 W

D．灯泡两端电压的有效值为 $\dfrac{15\sqrt{2}}{2}\ \text{V}$

9.（2019 上饶市三模）如图所示电路，电阻 R_1 与电阻 R_2 阻值相同，都为 110 Ω。和 R_1 并联的 D 为理想二极管（正向电阻可看作零，反向电阻可看作无穷大），在 A、B 间加一正弦交流电 $u=220\sqrt{2}\sin 100\pi t(\text{V})$（电压为正值时，$U_{AB}>0$），则下列说法中正确的是（　　）。



第 9 题图

A．加在 A、B 间的正弦交流电的周期是 50 s

B．当 u 为正最大值时，流过 R_2 的电流为 $\sqrt{2}$ A

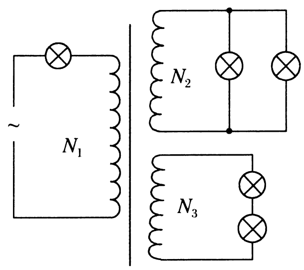
C．加在 R_2 上的电压有效值为 $55\sqrt{10}$ V

D．加在 R_2 上的电压有效值为 $55\sqrt{2}$ V

10. (2017·江西重点中学盟校联考)如图所示，理想变压器有两个次级线圈，电路中五个相同的灯泡都正常发光，则三个线圈的匝数比 $N_1:N_2:N_3$ 是(　　)。

A. 1∶4∶2　　B. 1∶2∶4

C. 4∶1∶2　　D. 4∶2∶1



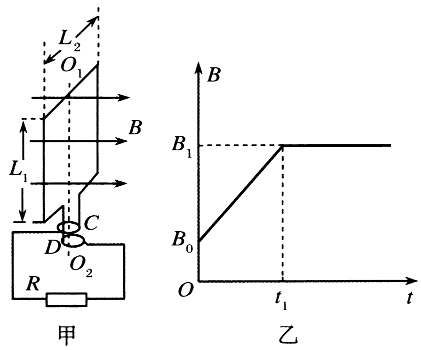
第 10 题图

11. (2017·江西六校联考)如图甲所示，长、宽分别为 L_1、L_2 的矩形金属线框位于竖直平面内，其匝数为 n，总电阻为 r，可绕其竖直中心轴 O_1O_2 转动。线框的两个末端分别与两个彼此绝缘的铜环 C、D(集流环)焊接在一起，并通过电刷和定值电阻 R 相连。线框所在空间有水平向右均匀分布的磁场，磁感应强度 B 的大小随时间 t 的变化关系如图乙所示，其中 B_0、B_1 和 t_1 均为已知。在 $0\sim t_1$ 时间内，线框保持静止，且线框平面和磁场垂直；t_1 时刻后线框在外力的驱动下开始绕其竖直中心轴以角速度 ω 匀速转动。求：

(1) $0\sim t_1$ 时间内通过电阻 R 的电流大小；

(2) 线框匀速转动后，在转动一周的过程中电流通过电阻 R 产生的热量；

(3) 线框匀速转动后，从图甲所示位置转过 90°的过程中，通过电阻 R 的电荷量。



第 11 题图

专题预测

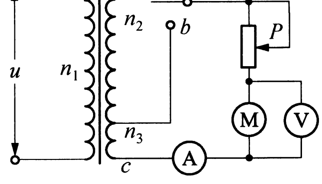
12. 如图所示，理想变压器原线圈匝数为 n_1，a、b 之间匝数为 n_2，b、c 之间匝数为 n_3，$n_1:n_2:n_3=100:10:1$，单刀双掷开关打在 b 处时，调节滑动变阻器，电机始终不工作；单刀双掷开关打在 a 处时，调节滑动变阻器，电机始终处于工作状态。下列说法中正确的是(　　)。

A．保持滑动变阻器的滑片位置不动，开关分别打在 a 处和 b 处时，电流表读数之比为 11∶1

B．开关打在 a 处时，将滑动变阻器滑片向上调节，变压器输入功率减小

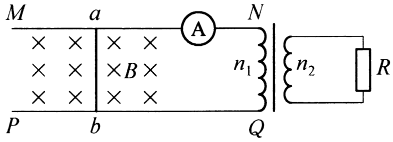
C．开关打在 a 处时，调节滑动变阻器，电压表与电流表读数成正比

D．开关打在 b 处时，调节滑动变阻器，电压表与电流表读数成正比



第 12 题图

13. 如图所示，MN、PQ是两条在水平面内、平行放置的金属导轨，导轨的右端接理想变压器的原线圈，变压器的副线圈与阻值为R的电阻组成闭合回路，变压器的原副线圈匝数之比$n_1:n_2=k$，导轨宽度为L。质量为m的导体棒ab垂直MN、PQ放在导轨上，在水平外力作用下做往复运动，其速度随时间变化的规律是$v=v_m\sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$，范围足够大的匀强磁场垂直于轨道平面，磁感应强度为B，导轨、导体棒、导线电阻不计，电流表为理想交流电流表。则下列说法中正确的是(　　)。

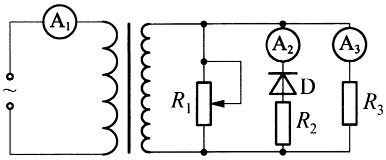


第13题图

A．导体棒两端的最大电压为BLv_m　　B．电阻R上的电压为$\frac{\sqrt{2}BLv_m}{2k}$

C．电流表的示数为$\frac{BLv_m}{k^2R}$　　D．导体棒克服安培力做功的功率为$\frac{B^2L^2v_m^2}{2k^2R}$

14. 如图所示，理想变压器原、副线圈匝数比$n_1:n_2=1:2$，原线圈接电压随时间变化规律为$u=220\sqrt{2}\sin 100\pi t$(V)的交流电源，$A_1$、$A_2$、$A_3$是三个理想电流表，D为理想二极管，$R_1$是滑动变阻器，定值电阻$R_2=R_3=220\ \Omega$，则(　　)。



第14题图

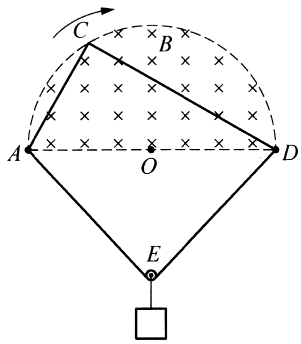
A．电流表A_2的示数为1.0 A

B．电流表A_3的示数为2.0 A

C．滑动变阻器R_1的滑片向下滑动时，电流表A_1的示数将变小

D．滑动变阻器R_1的滑片向上滑动时，变压器输入功率增大

15. 如图所示，竖直面内有一个闭合导线框$ACDE$(由细软导线制成)挂在两固定点A、D上，水平线段AD为半圆的直径，在导线框的E处有一个动滑轮，动滑轮下面挂一重物，使导线处于绷紧状态。在半圆形区域内，有磁感应强度大小为B、方向垂直纸面向里的有界匀强磁场。设导线框的电阻为r，圆的半径为R，在将导线上的C点以恒定角速度ω(相对圆心O)从A点沿半圆形磁场边界移动的过程中，若不考虑导线中电流间的相互作用，则下列说法中正确的是(　　)。



第15题图

A．在C从A点沿圆弧移动到D点的过程中，导线框中感应电流的方向先顺时针，后逆时针

B．在C从A点沿圆弧移动到图中$\angle ADC=30^\circ$位置的过程中，通过导线上C点的电量为$\frac{\sqrt{3}BR^2}{4r}$

C．当C沿圆弧移动到圆心O的正上方时，导线框中的感应电动势最大

D．在C从A点沿圆弧移动到D点的过程中，导线框中产生的电热为$\frac{\pi B^2R^4\omega}{2r}$

专题十一　电磁感应与电路综合

适应训练

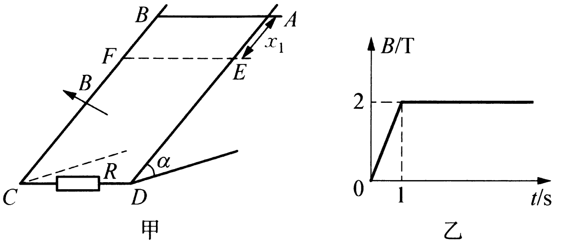
1. 如图甲所示，在倾角为 $\alpha = 37°$ 的光滑平行导轨上，均匀导体棒 AB 平行于斜面底边 CD 由静止释放(此时为计时零点)，在导体棒 AB 释放位置下方 x_1 处的 $CDEF$ 区域内存在垂直于导轨平面的匀强磁场，匀强磁场的磁感应强度随时间变化的规律如图乙所示。当 $t = 1$ s 时导体棒进入磁场区域做匀速直线运动。已知导轨宽度 $L = 30$ cm，导轨下端连接一电阻 R，导体棒的电阻 $r = R = 6\ \Omega$，导轨足够长，重力加速度 g 取 $10\ \text{m/s}^2$，$\sin 37° = 0.6$，$\cos 37° = 0.8$，则下列判断正确的是(　　)。

A．导体棒进入磁场区域前没有感应电流产生

B．$x_1 = 3$ m

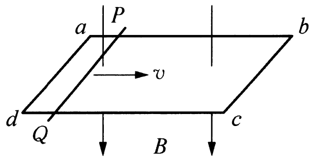
C．导体棒进入磁场后感应电动势为 1.8 V

D．导体棒的质量为 0.03 kg



第 1 题图

2. 如图所示，由某种粗细均匀的总电阻为 $3R$ 的金属条制成的矩形线框 $abcd$，固定在水平面内且处于方向竖直向下的匀强磁场 B 中。一接入电路的电阻为 R 的导体棒 PQ，在水平拉力作用下沿 ab、dc 以速度 v 匀速滑动，滑动过程 PQ 始终与 ab 垂直，且与线框接触良好，不计摩擦。在 PQ 从靠近 ad 处向 bc 滑动的过程中(　　)。



第 2 题图

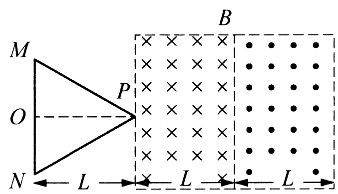
A．PQ 中电流先增大后减小

B．PQ 两端电压先减小后增大

C．PQ 上拉力的功率先减小后增大

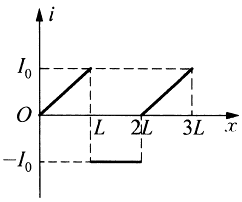
D．线框消耗的电功率先减小后增大

3. 如图所示，磁感应强度均为 B 的两个匀强磁场，分布在宽度均为 L 的两个相邻区域中，磁场边界为理想边界，磁场方向垂直纸面，但方向相反。一个中垂线 OP 长度为 L 的等边三角形导

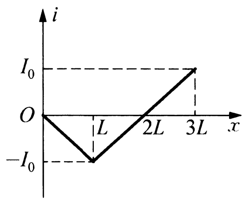


第 3 题图

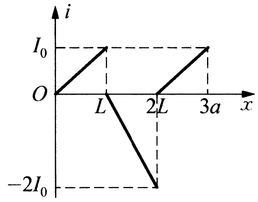
线框 MPN 从图示位置(MN 边平行磁场边界)匀速向右运动。规定逆时针方向为电流的正方向，从图中位置开始计时，在线框穿过两磁场区域的过程中，感应电流 i 随线框的位移 x 变化的图象正确的是(　　)。



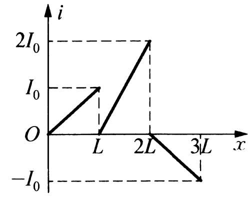
A.



B.



C.



D.

真题演练

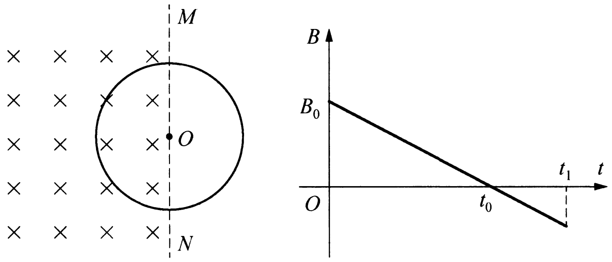
4. (2019 全国卷Ⅰ)空间存在一方向与纸面垂直、大小随时间变化的匀强磁场，其边界如图(a)中虚线 MN 所示，一硬质细导线的电阻率为 ρ、横截面积为 S，将该导线做成半径为 r 的圆环固定在纸面内，圆心 O 在 MN 上。$t=0$ 时磁感应强度的方向如图(a)所示：磁感应强度 B 随时间 t 的变化关系如图(b)所示，则在 $t=0$ 到 $t=t_1$ 的时间间隔内(　　)。

A．圆环所受安培力的方向始终不变

B．圆环中的感应电流始终沿顺时针方向

C．圆环中的感应电流大小为$\dfrac{B_0rS}{4t_0\rho}$

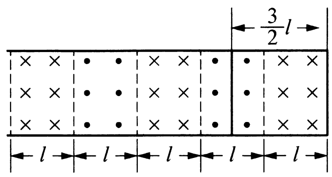
D．圆环中的感应电动势大小为$\dfrac{B_0\pi r^2}{4t_0}$



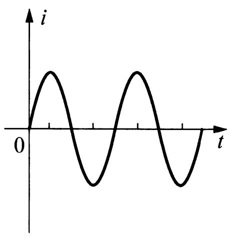
(a)　　　　(b)

第 4 题图

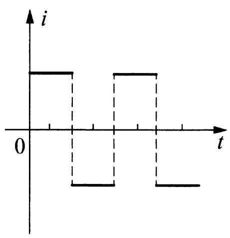
5. (2018 全国卷Ⅱ)如图所示，在同一平面内有两根平行长导轨，导轨间存在依次相邻的矩形匀强磁场区域，区域宽度均为 l，磁感应强度大小相等、方向交替向上向下。一边长为 $\frac{3}{2}l$ 的正方形金属线框在导轨上向左匀速运动，线框中感应电流 i 随时间 t 变化的正确图线可能是(　　)。



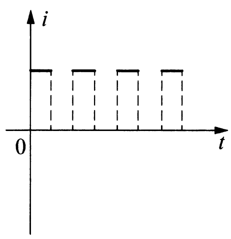
第 5 题图



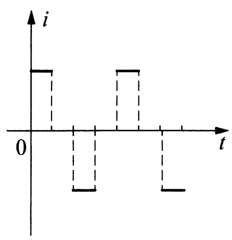
A.



B.



C.



D.

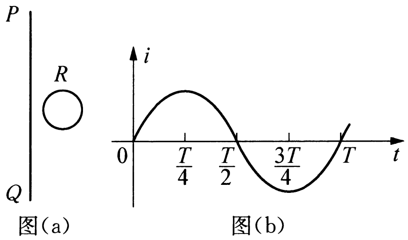
6. (2018 全国卷Ⅲ)如图(a)所示,在同一平面内固定有一长直导线 PQ 和一导线框 R,R 在 PQ 的右侧。导线 PQ 中通有正弦交流电流 i,i 的变化如图(b)所示,规定从 Q 到 P 为电流的正方向。导线框 R 中的感应电动势(　　)。

A. 在 $t=\frac{T}{4}$ 时为零

B. 在 $t=\frac{T}{2}$ 时改变方向

C. 在 $t=\frac{T}{2}$ 时最大,且沿顺时针方向

D. 在 $t=T$ 时最大,且沿顺时针方向



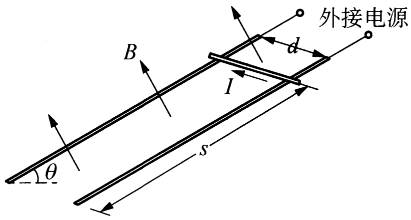
第 6 题图

7. (2018 江苏卷)如图所示,两条平行的光滑金属导轨所在平面与水平面的夹角为 θ,间距为 d。导轨处于匀强磁场中,磁感应强度大小为 B,方向与导轨平面垂直。质量为 m 的金属棒被固定在导轨上,距底端的距离为 s,导轨与外接电源相连,使金属棒通有电流。金属棒被松开后,以加速度 a 沿导轨匀加速下滑,金属棒中的电流始终保持恒定,重力加速度为 g。求下滑到底端的过程中,金属棒:

(1) 末速度的大小 v;

(2) 通过的电流大小 I;

(3) 通过的电荷量 Q。



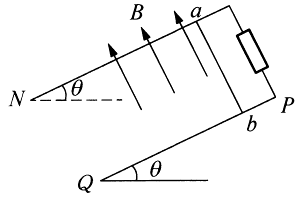
第 7 题图

模拟训练

8. (2019 年天津市河西区三模)如图所示,足够长的光滑平行金属导轨 MN、PQ 倾斜放置,两导轨间距离为 L,导轨平面与水平面间的夹角为 θ,所处的匀强磁场垂直于导轨平面向上,质量为 m 的金属棒 ab 垂直于导轨放置,导轨和金属棒接触良好,不计导轨和金属棒 ab 的电阻,重力加速度为 g。若在导轨的 M、P 两端连接阻值为 R 的电阻,将金属棒 ab 由静止释放,则在下滑的过程中,金属棒 ab 沿导轨下滑的稳定速度为 v,若在导轨 M、P 两端将电阻 R 改接成电容为 C 的电容器,仍将金属棒 ab 由静止释放,金属棒 ab 下滑时间为 t,此过程中电容器没有被击穿,求:

(1) 匀强磁场的磁感应强度 B 的大小为多少?

(2) 金属棒 ab 下滑 t 时间末的速度是多少?



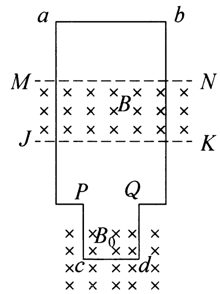
第 8 题图

9.（2016 郑州一中高二期末考试）如图甲所示，两根光滑固定导轨相距 0.4 m 竖直放置，导轨电阻不计，在导轨末端 P、Q 两点用两根等长的细导线悬挂金属棒 cd。棒 cd 的质量为 0.01 kg、长为 0.2 m，处在磁感应强度为 $B_0 = 0.5$ T 的匀强磁场中，磁场方向垂直于导轨平面向里。相距 0.2 m 的水平线 MN 和 JK 之间的区域内存在着垂直导轨平面向里的匀强磁场，且磁感应强度 B 随时间变化规律如图乙所示。在 $t = 0$ 时刻，质量为 0.02 kg、阻值为 0.3 Ω 的金属棒 ab 从虚线 MN 上方 0.2 m 高度处，由静止开始释放，下落过程中保持水平，且与导轨接触良好。结果棒 ab 在 t_1 时刻从上边界 MN 进入磁场，并在磁场中做匀速运动，在 t_2 时刻从下边界 JK 离开磁场，g 取 10 m/s^2。求：

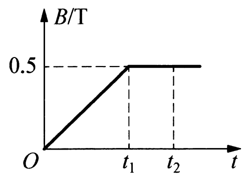
（1）在 $0 \sim t_1$ 时间内，电路中感应电动势的大小；

（2）在 $t_1 \sim t_2$ 时间内，棒 cd 受到细导线的总拉力为多大；

（3）棒 cd 在 $0 \sim t_2$ 时间内产生的焦耳热。



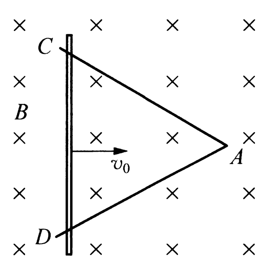
图甲



图乙

第 9 题图

10.（2015 · 杨浦区一模）如图所示，光滑金属导轨 AC、AD 固定在水平面内，并处在方向竖直向下、大小为 B 的匀强磁场中。有一质量为 m 的导体棒以初速度 v_0 从某位置开始在导轨上水平向右运动，最终恰好静止在 A 点。在运动过程中，导体棒与导轨始终构成等边三角形回路，且通过 A 点的总电荷量为 Q。已知导体棒与导轨间的接触电阻阻值恒为 R，其余电阻不计。则（　　）。



第 10 题图

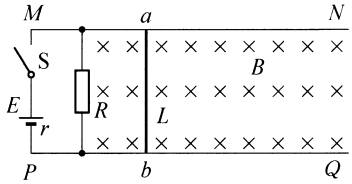
A. 该过程中导体棒做匀减速运动

B. 该过程中接触电阻产生的热量为 $\frac{1}{8}mv_0^2$

C. 开始运动时，导体棒与导轨所构成回路的面积为 $S = \frac{QR}{B}$

D. 当导体棒的速度为 $\frac{1}{2}v_0$ 时，回路中感应电流大小为初始时的一半

11.（河北省衡水中学2016届高考模拟押题卷）如图所示，两根足够长的平行光滑金属轨道 MN、PQ 水平放置，轨道间距为 L。现有一个质量为 m、长度为 L 的导体棒 ab 垂直于轨道放置，且与轨道接触良好，导体棒和轨道电阻均可忽略不计。有一电动势为 E、内阻为 r 的电源通过开关 S 连接到轨道左端，另有一个定值电阻 R 也连接在轨道上，且在定值电阻右侧存在着垂直于轨道平面的匀强磁场，磁感应强度的大小为 B。现闭合开关 S，导体棒 ab 开始运动，则下列叙述中正确的有（　　）。



第 11 题图

A．导体棒先做加速度逐渐减小的加速运动，当速度达到最大时导体棒中无电流

B．导体棒所能达到的最大速度为 $\dfrac{ER}{(R+r)BL}$

C．导体棒稳定运动时电源的输出功率 $\dfrac{E^2R}{(R+r)B^2L^2}$

D．导体棒稳定运动时产生的感应电动势为 E

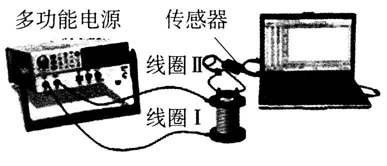
专题预测

12.（1）某学生做实验验证楞次定律时，分别研究开关断开、闭合，原线圈插入副线圈、原线圈从副线圈中拔出，变阻器快速移动，插入铁芯、拔出铁芯等情况下感应电流方向与磁通量改变之间的关系，所用到的重要思想方法主要有（选两个答案）________。

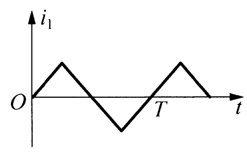
A．等效替代　　B．归纳总结　　C．控制变量　　D．理想化模型

该实验得到的最终结果是：感应电流的________引起感应电流的磁通量的变化。

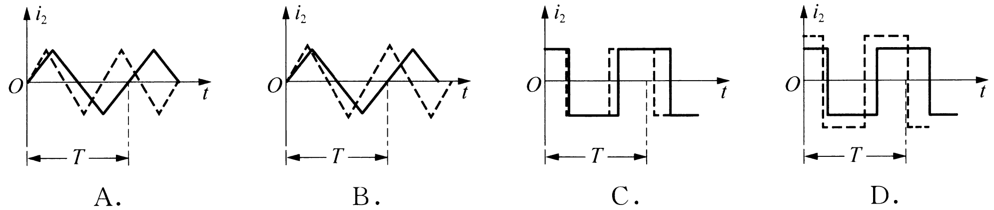
（2）为了验证（1）的结论，该同学设计了一个实验，实验装置如图甲所示。在大线圈Ⅰ中放置一个小线圈Ⅱ，大线圈Ⅰ与多功能电源连接。多功能电源输入到大线圈Ⅰ的电流 i_1 的周期为 T，且按图乙所示的规律变化，电流 i_1 将在大线圈Ⅰ的内部产生变化的磁场，该磁场磁感应强度 B 与线圈中电流 i 的关系为 $B=ki_1$（其中 k 为常数）。小线圈Ⅱ与电流传感器连接，并可通过计算机处理数据后绘制出小线圈Ⅱ中感应电流 i_2 随时间 t 变化的图象。若仅将多功能电源输出电流变化的频率适当增大，则图丙所示各图象中可能正确反映 i_2-t 图象变化的是（图丙中分别以实线和虚线表示调整前、后的 i_2-t 图象）（　　）。



图甲



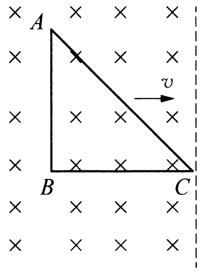
图乙



图丙

第 12 题图

13. 如图所示，在垂直纸面向里，磁感应强度为 B 的匀强磁场区域中有一个用均匀导线制成的单匝直角三角形线框。现用外力使线框以恒定的速度 v 沿垂直磁场方向向右运动，运动中线框的 AB 边始终与磁场右边界平行。已知 $AB=BC=l$，线框导线的总电阻为 R，则线框离开磁场的过程中(　　)。



第 13 题图

A. 线框中的电动势随时间均匀增大

B. 通过线框截面的电荷量为$\dfrac{Bl^2}{2R}$

C. 线框所受外力的最大值为$\dfrac{\sqrt{2}B^2l^2v}{R}$

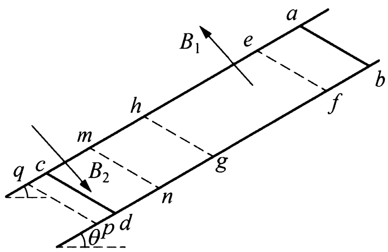
D. 线框中的热功率与时间成正比

14. 如图甲所示，两根平行光滑金属导轨间距为 $L=0.5\ \text{m}$，导轨平面与水平面成 $\theta=30^\circ$ 角，在 $efgh$ 矩形区域内有方向垂直于斜面向上的磁场，磁感应强度 B_1 随时间变化的规律如图乙所示，fg 的长度为 $d=2\ \text{m}$，在 $mnpq$ 矩形区域内有方向垂直于斜面向下的匀强磁场，磁感应强度为 B_2。ab 和 cd 为两根电阻均为 $R=0.5\ \Omega$、长度均为 $L=0.5\ \text{m}$ 的金属杆，cd 质量 $m=0.2\ \text{kg}$，在 $t=0$ 时，金属杆 ab 从 ef 上方某一位置由静止开始下滑，同时释放金属杆 cd，在 $t=t_2$ 时，金属杆 ab 刚好运动到 gh 位置，此过程中金属杆 cd 一直处于静止状态，求：

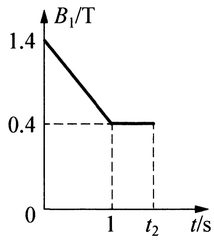
(1) 在 0～1 s 内，$efgh$ 矩形区域中由于磁场变化而产生的感应电动势 E；

(2) $mnpq$ 矩形区域中磁场的磁感应强度 B_2；

(3) 在 0～t_2 内，通过金属杆 ab 的电量 q。



甲



乙

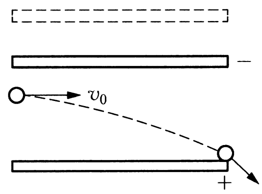
第 14 题图

第三部分　力电综合

专题十二　带电粒子在电场中的运动

适应训练

1. 如图所示，水平放置的平行板电容器，上板带负电，下板带正电，断开电源后一带电小球以速度 v_0 水平射入电场，且沿下板边缘飞出。若下板不动，将上板上移一小段距离，小球仍以相同的速度 v_0 从原处飞入，则带电小球(　　)。



第 1 题图

A. 将打在下板中央

B. 仍沿原轨迹由下板边缘飞出

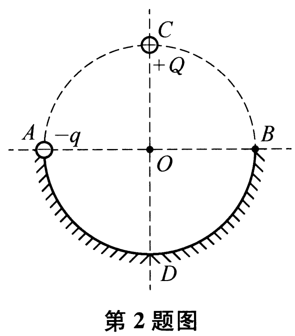
C. 不发生偏转，沿直线运动

D. 若上板不动，将下板上移一段距离，小球可能打在下板的中央

2. 如图所示，$AB \perp CD$ 且 A、B、C、D 位于一半径为 r 的竖直圆上，在 C 点有一固定点电荷，电荷量为 $+Q$。现从 A 点将一质量为 m、电荷量为 $-q$ 的小球由静止释放，小球沿光滑绝缘轨道 ADB 运动到 D 点时速度为 $\sqrt{gr}$，g 为重力加速度，k 为静电常数，不考虑运动电荷对静电场的影响，求：

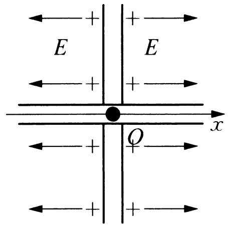
(1) 小球运动到 D 点时对轨道的压力；

(2) 小球从 A 点到 D 点过程中电势能的改变量。

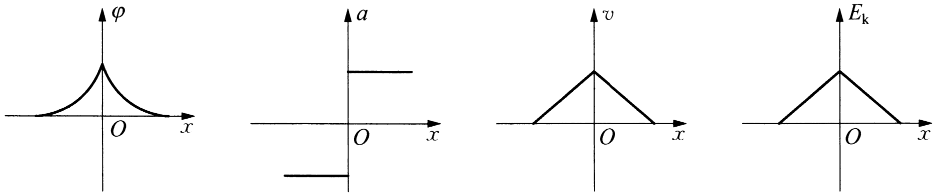


第 2 题图

3. 如图所示，无限大均匀带正电的薄板竖直放置，其周围空间的电场可认为是匀强电场。光滑绝缘细管垂直穿过板中间小孔，一个可视为质点的带负电小球在细管内运动。以小孔为原点建立 x 轴，规定 x 轴正方向为加速度 a 和速度 v 的正方向，下图分别表示 x 轴上各点的电势 φ、小球的加速度 a、速度 v 和动能 E_k 随 x 变化的图象，其中正确的是（　　）。



第 3 题图



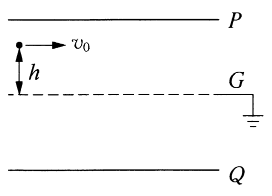
A.　　B.　　C.　　D.

真题演练

4. (2019 全国卷Ⅱ)如图所示，两金属板 P、Q 水平放置，间距为 d。两金属板正中间有一水平放置的金属网 G，P、Q、G 的尺寸相同。G 接地，P、Q 的电势均为 $\varphi(\varphi>0)$。质量为 m，电荷量为 $q(q>0)$ 的粒子自 G 的左端上方距离 G 为 h 的位置，以速度 v_0 平行于纸面水平射入电场，重力忽略不计。

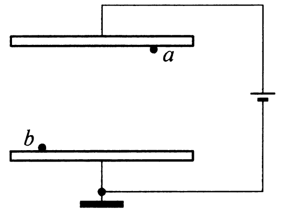
(1) 求粒子第一次穿过 G 时的动能，以及它从射入电场至此时在水平方向上的位移大小；

(2) 若粒子恰好从 G 的下方距离 G 也为 h 的位置离开电场，则金属板的长度最短应为多少？



第 4 题图

5.（2018 全国卷Ⅲ）如图所示，一平行板电容器连接在直流电源上，电容器的极板水平，两微粒 a、b 所带电荷量大小相等、符号相反，使它们分别静止于电容器的上、下极板附近，与极板距离相等。现同时释放 a、b，它们由静止开始运动，在随后的某时刻 t，a、b 经过电容器两极板间下半区域的同一水平面，a、b 间的相互作用和重力可忽略。下列说法中正确的是（　　）。



第 5 题图

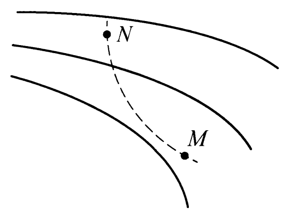
A．a 的质量比 b 的大

B．在 t 时刻，a 的动能比 b 的大

C．在 t 时刻，a 和 b 的电势能相等

D．在 t 时刻，a 和 b 的动量大小相等

6.（2018 天津卷）如图所示，实线表示某电场的电场线（方向未标出），虚线是一带负电的粒子只在电场力作用下的运动轨迹，设 M 点和 N 点的电势分别为 φ_M、φ_N，粒子在 M 和 N 时加速度大小分别为 a_M、a_N，速度大小分别为 v_M、v_N，电势能分别为 E_{pM}、E_{pN}。下列判断中正确的是（　　）。



第 6 题图

A．$v_M < v_N$，$a_M < a_N$

B．$v_M < v_N$，$\varphi_M < \varphi_N$

C．$\varphi_M < \varphi_N$，$E_{pM} < E_{pN}$

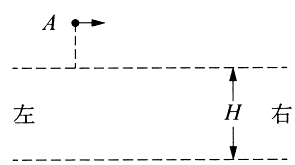
D．$a_M < a_N$，$E_{pM} < E_{pN}$

7.（2017 · 全国卷Ⅱ）如图所示，两水平面（虚线）之间的距离为 H，其间的区域存在方向水平向右的匀强电场。自该区域上方的 A 点将质量为 m、电荷量分别为 q 和 $-q(q>0)$ 的带电小球 M、N 先后以相同的初速度沿平行于电场的方向射出。小球在重力作用下进入电场区域，并从该区域的下边界离开。已知 N 离开电场时的速度方向竖直向下；M 在电场中做直线运动，刚离开电场时的动能为 N 刚离开电场时的动能的 1.5 倍。不计空气阻力，重力加速度大小为 g。求：

（1）M 与 N 在电场中沿水平方向的位移之比；

（2）A 点距电场上边界的高度；

（3）该电场的电场强度大小。



第 7 题图

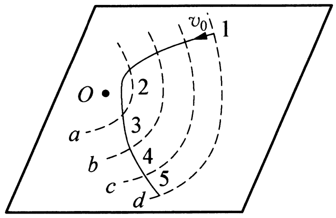
8. (2017・全国卷Ⅰ)真空中存在电场强度大小为 E_1 的匀强电场，一带电油滴在该电场中竖直向上做匀速直线运动，速度大小为 v_0，在油滴处于位置 A 时，将电场强度的大小突然增大到某值，但保持其方向不变。持续一段时间 t_1 后，又突然将电场反向，但保持其大小不变；再持续同样一段时间后，油滴运动到 B 点。重力加速度大小为 g。

(1) 油滴运动到 B 点时的速度；

(2) 求增大后的电场强度的大小；为保证后来的电场强度比原来的大，试给出相应的 t_1 和 v_0 应满足的条件。已知不存在电场时，油滴以初速度 v_0 做竖直上抛运动的最大高度恰好等于 B、A 两点间距离的两倍。

模拟训练

9. (2018・锦州二模)如图所示，一带电小球固定在光滑水平面上的 O 点，虚线 a、b、c、d 是带电小球激发电场的四条等距离的等势线，一个带电小滑块从等势线 d 上的 1 处以水平初速度 v_0 运动，结果形成了实线所示的小滑块运动轨迹，1、2、3、4、5 是等势线与小滑块运动轨迹的一些交点。由此可以判定(　　)。



第 9 题图

A．固定小球与小滑块带异种电荷

B．在整个运动过程中小滑块的加速度先减小后增大

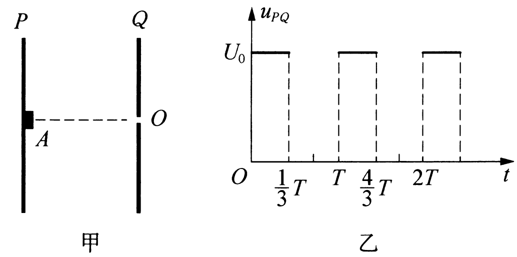
C．在整个过程中小滑块的电势能先增大后减小

D．小滑块从位置 3 到 4 和从位置 4 到 5 的过程中，电场力做功的大小关系是 $W_{34} > W_{45}$

10. (2018 河北五校联考)如图甲所示,真空中竖直放置两块相距为 d 的平行金属板 P、Q。两板间加上如图乙所示最大值为 U_0 的周期性变化的电压。在紧靠 P 板处有粒子源 A,自 $t=0$ 开始连续释放初速不计的粒子,经一段时间从 Q 板小孔 O 射出电场。已知粒子质量为 m,电荷量为 $+q$,不计粒子重力及相互间的作用力,电场变化周期 $T=3d\sqrt{\dfrac{2m}{qU_0}}$。试求:

(1) $t=0$ 时刻释放的粒子在 P、Q 间运动的时间;

(2) 粒子射出电场时的最大速率和最小速率。



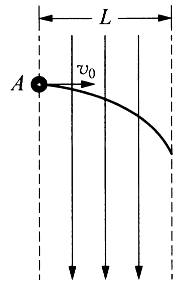
第 10 题图

11. (2018 衡水中学五调)在宽度为 L 的条形区域内有匀强电场,电场的方向平行于区域边界。有一个带电粒子(不计重力)从左侧边界上的 A 点以初速度 v_0 沿垂直于电场的方向射入电场,粒子从右侧边界射出时的速度大小为 $\dfrac{\sqrt{17}}{4}v_0$(答案可用根号表示)。

(1) 求粒子从右侧边界射出时,沿电场方向位移的大小;

(2) 若带电粒子的入射速度改为 $\dfrac{1}{4}v_0$,求粒子从右侧边界射出时速度的大小;

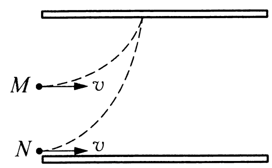
(3) 若带电粒子的入射速度大小可以为任意值(远小于光速),求带电粒子从右侧边界射出时速度的最小值。



第 11 题图

专题预测

12. 如图所示，质量相同的两个带电粒子 M、N 以相同的速度同时沿垂直于电场方向射入两平行板间的匀强电场中，M 从两极板正中央射入，N 从下极板边缘处射入，它们最后打在同一点。不计带电粒子重力和带电粒子间的相互作用，则从开始射入到打在上极板的过程中(　　)。



第 12 题图

A．它们所带的电荷量之比为 $q_M : q_N = 1 : 4$

B．它们电势能减少量之比为 $\Delta E_M : \Delta E_N = 1 : 4$

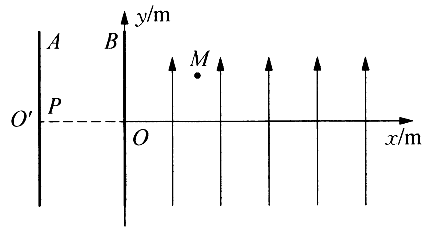
C．它们的动能增量之比为 $\Delta E_{kM} : \Delta E_{kN} = 1 : 2$

D．打到上极板时的速度大小之比为 $v_M : v_N = 1 : 2$

13. 如图所示，竖直平行正对放置的带电金属板 A、B，B 板中央的小孔(未画出)正好位于平面直角坐标系 xOy 的 O 点，y 轴沿竖直方向，在 $x>0$ 的区域内存在沿 y 轴正方向的匀强电场，电场强度大小为 $E=\frac{4}{3}\times10^3$ V/m，比荷为 1.0×10^5 C/kg 的带正电的粒子 P 从 A 板中心 O' 处由静止释放，其运动轨迹恰好经过 $M(\sqrt{3}$ m，1 m) 点。粒子 P 的重力不计。

(1) 求金属板 A、B 之间的电势差 U_{AB}；

(2) 若在粒子 P 经过 O 点的同时，在 y 轴右侧匀强电场中某点由静止释放另一带电粒子 Q，使 P、Q 恰能在运动中相碰。假设 Q 的质量是 P 的质量的 2 倍，带电情况与 P 相同，Q 的重力及 P、Q 之间的相互作用力均忽略不计，求粒子 Q 所有释放点的集合。

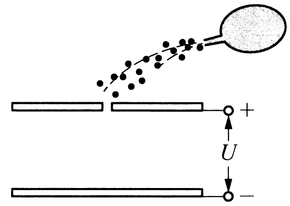


第 13 题图

14. 如图所示，开有小孔的平行板水平放置，两板接在电压大小可调的电源上，用喷雾器将油滴喷注在小孔上方。已知两板间距为 d，油滴密度为 ρ，电子电荷量为 e，重力加速度为 g，油滴视为球体，油滴运动时所受空气的粘滞阻力大小 $f = 6\pi\eta rv$（r 为油滴半径、η 为粘滞系数，且均为已知量），油滴所带电荷量是电子电荷量的整数倍，喷出的油滴均相同，不考虑油滴间的相互作用。

（1）当电压调到 U 时，可以使带电的油滴在板间悬浮；当电压调到 $\frac{U}{2}$ 时，油滴能在板间以速度 v 匀速竖直下行。求油滴所带电子的个数 n 及油滴匀速下行的速度 v；

（2）当油滴进入小孔时与另一油滴粘连在一起形成一个大油滴，以速度 v_1（已知）竖直向下进入小孔，为防止碰到下极板，需调整电压，使其减速运行，若将电压调到 $2U$，大油滴运动到下极板处刚好速度为零，求大油滴运动到下极板处时的加速度及这一过程粘滞阻力对大油滴所做的功。



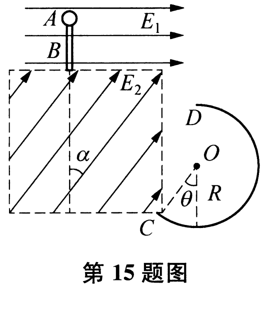
第 14 题图

15. 如图所示，在竖直平面内，有一长度 $L = 2.4\ \text{m}$ 的固定绝缘竖直杆 AB 和固定光滑绝缘圆弧轨道 CD，D 为最高点，半径 OC 与竖直线的夹角 $\theta = 37°$。B 点所在的水平线上方存在着场强大小 $E_1 = 5 \times 10^6\ \text{N/C}$、方向水平向右的匀强电场，下方与 C 点之间存在着场强大小 $E_2 = E_1$、方向与竖直线的夹角 $\alpha = 37°$ 斜向上的匀强电场。现将一质量 $m = 0.8\ \text{kg}$、电荷量 $q = 2 \times 10^{-6}\ \text{C}$ 的小球（可视为质点）套在杆上从 A 端由静止释放后下滑，穿过电场后恰好从 C 点无碰撞地沿圆弧轨道 CD 运动，恰好通过 D 点。已知小球与杆间的动摩擦因数 $\mu = 0.2$，取 $g = 10\ \text{m/s}^2$，$\sin 37° = 0.6$，$\cos 37° = 0.8$。求：

（1）小球到达 B 点时的速度大小 v_B；

（2）小球从 B 点运动到 C 点所用的时间 t 和过 C 点时的速度大小 v_C；

（3）圆弧轨道的半径 R。

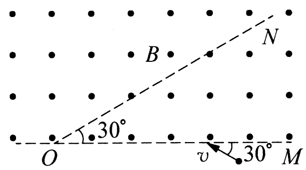


第 15 题图

专题十三　带电粒子在磁场中的运动

适应训练

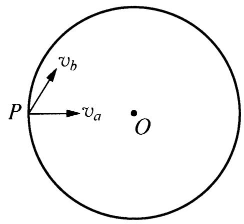
1. 平面OM和平面ON之间的夹角为30°，其横截面（纸面）如图所示，平面OM上方存在匀强磁场，磁感应强度大小为B，方向垂直于纸面向外。一带电粒子的质量为m，电荷量为$q(q>0)$。粒子沿纸面以大小为v的速度从OM上的某点向左上方射入磁场，速度与OM成30°角。已知粒子在磁场中的运动轨迹与ON只有一个交点，并从OM上另一点射出磁场。不计重力。粒子离开磁场的出射点到两平面交线O的距离为（　　）。



第1题图

A. $\frac{mv}{2qB}$　　B. $\frac{\sqrt{3}mv}{qB}$　　C. $\frac{2mv}{qB}$　　D. $\frac{4mv}{qB}$

2. 如图所示，圆形区域内有垂直于纸面的匀强磁场（图中未画出），O为圆心，P为边界上的一点。相同的带电粒子a、b（不计重力）从P点先后射入磁场，粒子a正对圆心射入，速度方向改变60°后离开磁场，粒子b射入磁场时的速度方向与粒子a射入时的速度方向成60°角，已知它们离开磁场的位置相同，下列说法中正确的是（　　）。



第2题图

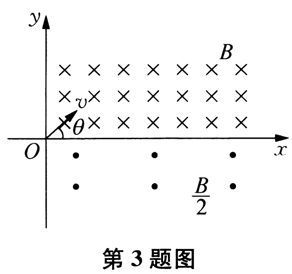
A. 两粒子的速度之比为$\frac{v_a}{v_b}=\frac{1}{2}$

B. 两粒子在磁场中运动的时间之比为$\frac{t_a}{t_b}=\frac{1}{3}$

C. 两粒子在磁场中运动的半径之比为$\frac{r_a}{r_b}=\frac{1}{2}$

D. 两粒子在磁场中运动的轨迹长度之比为$\frac{s_a}{s_b}=\frac{2}{3}$

3. 如图所示，在x轴上方存在垂直于纸面向里的磁感应强度为B的匀强磁场，x轴下方存在垂直于纸面向外的磁感应强度为$\frac{B}{2}$的匀强磁场。一带负电的粒子质量为m，电荷量为q，从原点O以与x轴成$\theta=30°$角斜向上射入磁场，且在x轴上方运动半径为R（不计重力），则（　　）。



第3题图

A. 粒子经偏转一定能回到原点O

B. 粒子完成一次周期性运动的时间为$\frac{\pi m}{qB}$

C. 粒子在x轴上方和下方两磁场中运动的半径之比为1∶2

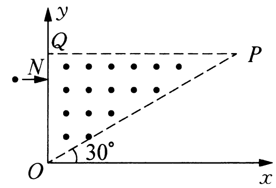
D. 粒子第二次射入 x 轴上方磁场时，沿 x 轴方向前进了 $3R$

真题演练

4. (2019 全国卷Ⅰ)如图所示，在直角三角形 OPQ 区域内存在匀强磁场，磁感应强度大小为 B、方向垂直于纸面向外。一带正电的粒子经电压 U 加速后，沿平行于 x 轴的方向射入磁场；一段时间后，该粒子在 OP 边上某点以垂直于 x 轴的方向射出。已知 O 点为坐标原点，N 点在 y 轴上，OP 与 x 轴的夹角为 $30°$，粒子进入磁场的入射点与离开磁场的出射点之间的距离为 d，不计重力。求：

(1) 带电粒子的比荷；

(2) 带电粒子从射入磁场到运动至 x 轴的时间。

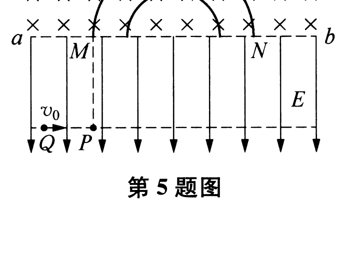


第 4 题图

5. (2018 天津卷)如图所示，在水平线 ab 的下方有一匀强电场，电场强度为 E，方向竖直向下，ab 的上方存在匀强磁场，磁感应强度为 B，方向垂直纸面向里。磁场中有一内、外半径分别为 R、$\sqrt{3}R$ 的半圆环形区域，外圆与 ab 的交点分别为 M、N。一质量为 m、电荷量为 q 的带负电粒子在电场中 P 点静止释放，由 M 进入磁场，从 N 射出。不计粒子重力。

(1) 求粒子从 P 到 M 所用的时间 t；

(2) 若粒子从与 P 同一水平线上的 Q 点水平射出，同样能由 M 进入磁场，从 N 射出。粒子从 M 到 N 的过程中，始终在环形区域中运动，且所用的时间最少，求粒子在 Q 点时速度 v_0 的大小。



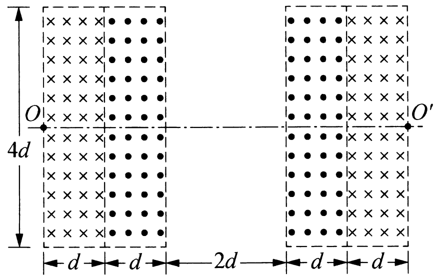
第 5 题图

6. (2018 江苏卷)如图所示,真空中四个相同的矩形匀强磁场区域,高为 $4d$,宽为 d,中间两个磁场区域间隔为 $2d$,中轴线与磁场区域两侧相交于 O、O'点,各区域磁感应强度大小相等。某粒子质量为 m、电荷量为 $+q$,从 O 沿轴线射入磁场。当入射速度为 v_0 时,粒子从 O 上方 $\frac{d}{2}$ 处射出磁场。取 $\sin 53°=0.8$,$\cos 53°=0.6$。

(1) 求磁感应强度大小 B;

(2) 入射速度为 $5v_0$ 时,求粒子从 O 运动到 O'上方的时间 t;

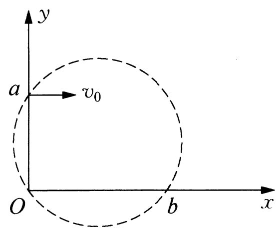
(3) 入射速度仍为 $5v_0$,通过沿轴线 OO'平移中间两个磁场(磁场不重叠),可使粒子从 O 运动到 O'上方的时间增加 Δt,求 Δt 的最大值。



第 6 题图

模拟训练

7. (2019 江西师大附中三模)如图所示,在平面直角坐标系中有一个垂直纸面向里的圆形匀强磁场,其边界过原点 O 和 y 轴上的点 $a(0, L)$一质量为 m、电荷量为 e 的电子从 a 点以初速度 v_0 平行于 x 轴正方向射入磁场,并从 x 轴上的 b 点射出磁场,此时速度方向与 x 轴正方向的夹角为 60°。下列说法中正确的是(　　)。



第 7 题图

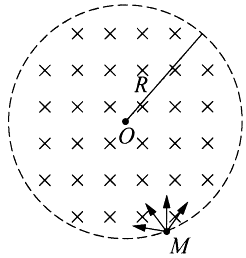
A. 电子在磁场中运动的时间为$\frac{\pi L}{v_0}$

B. 电子在磁场中运动的时间为$\frac{2\pi L}{3v_0}$

C. 磁场区域的圆心坐标为$\left(\frac{\sqrt{3}L}{2}, \frac{L}{2}\right)$

D. 电子在磁场中做圆周运动的圆心坐标为$(0, -L)$

8.（江西临川二中、新余四中 2018 届高三联考）如图所示，半径为 R 的圆形区域内有垂直纸面向里的匀强磁场，磁感应强度为 B。M 为磁场边界上一点，有无数个带电荷量为 q、质量为 m 的相同粒子（不计重力）在纸面内向各个方向以相同的速率通过 M 点进入磁场，这些粒子射出边界的位置均处于边界的某一段圆弧上，这段圆弧的弧长是圆周长的 $\frac{1}{4}$。下列说法中正确的是（　　）。



第 8 题图

A. 粒子从 M 点进入磁场时的速率为 $v=\frac{BqR}{m}$

B. 粒子从 M 点进入磁场时的速率为 $v=\frac{\sqrt{2}BqR}{2m}$

C. 若将磁感应强度的大小增加到 $\sqrt{2}B$，则粒子射出边界的圆弧长度变为原来的 $\frac{\sqrt{2}}{2}$

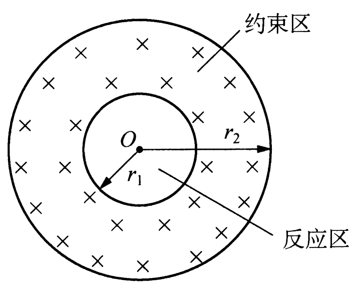
D. 若将磁感应强度的大小增加到 $\sqrt{2}B$，则粒子射出边界的圆弧长度变为原来的 $\frac{2}{3}$

9.（2018 天津十二重点中学高三联考）国家重大科学工程项目“EAST 超导托卡马克核聚变实验装置”实现了电子温度超过 5000 万摄氏度、持续时间达 102 秒的超高温长脉冲等离子体放电，这是国际托卡马克实验装置上电子温度达到 5000 万摄氏度持续时间最长的等离子体放电。该成果在未来聚变堆研究中具有里程碑意义，标志着我国在稳态磁约束聚变研究方面继续走在国际前列。如图所示为“EAST”部分装置的简化模型：要持续发生热核反应，必须把温度高达几百万摄氏度以上的核材料约束在半径分别为 r_1 和 r_2 的两个同心圆之间的环形区域内，等离子体只在半径为 r_1 的圆形区域内反应，环形区域存在着垂直于横截面的匀强磁场。假设约束的核聚变材料只有氕核（$_1^1\text{H}$）和氘核（$_1^2\text{H}$），已知氕核（$_1^1\text{H}$）的质量为 m，电量为 q，两个同心圆的半径满足 $r_2=(\sqrt{2}+1)r_1$，只研究在纸面内运动的核子，不考虑核子间的相互作用、中子和质子的质量差异以及速度对核子质量的影响。

(1) 两个氘核（$_1^2\text{H}$）结合成一个氦核（$_2^3\text{He}$）时，要放出某种粒子，同时释放出能量，写出上述核反应方程；

(2) 核聚变材料氕核（$_1^1\text{H}$）和氘核（$_1^2\text{H}$）具有相同的动能 E_k，为了约束从反应区沿不同方向射入约束区的核子，求环形磁场区域所加磁场磁感应强度 B 满足的条件；

(3) 若环形磁场区域内磁场的磁感应强度为 B_0，氕核（$_1^1\text{H}$）从圆心 O 点沿半径方向以某一速度射入约束区，恰好经过约束区的外边界，求氕核（$_1^1\text{H}$）运动的周期 T。

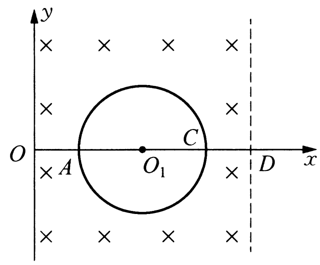


第 9 题图

10.（2018 江西九校联考）如图所示，在 xOy 平面内，有一半径为 $R=L$ 的圆形区域，圆心 O_1 的坐标为($\sqrt{3}L$, 0)，圆与 x 轴交于 A、C 两点。除圆形区域内无磁场，在 y 轴与直线 $x=2\sqrt{3}L$ 之间存在垂直纸面向里的匀强磁场，磁感应强度为 B，在圆心 O_1 处有一粒子源，发射同种粒子，粒子的质量为 m，电荷量为 $+q(q>0)$，粒子从粒子源 O_1 出发垂直磁场在纸面内向各个方向射出，不计粒子重力，并且从磁场返回圆形边界的粒子均被吸收掉。

（1）求能从右边界（即直线 $x=2\sqrt{3}L$）射出的粒子其最小速率为多少，并求出该粒子从 O_1 出发时与 x 轴正方向的夹角 θ；

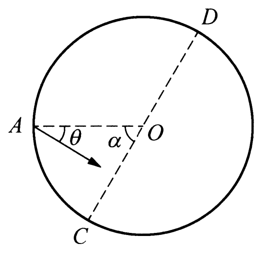
（2）要使粒子垂直于 $x=2\sqrt{3}L$ 的边界射出磁场，求该粒子的最小速率为多少。



第 10 题图

专题预测

11. 如图所示，半径为 R 的圆形区域（纸面）内存在着匀强磁场，磁场方向垂直于纸面，半径 OA 与半径 OC 夹角 $\alpha=60^\circ$，CD 为直径。电子、质子均从 A 点沿与 OA 夹角 $\theta=30^\circ$ 方向垂直射入匀强磁场中，电子经磁场偏转后从 C 点以速率 v 射出磁场，质子从 D 点垂直 AO 方向射出磁场。已知电子与质子的质量之比为 k，重力及粒子间的作用均不计，则（　　）。



第 11 题图

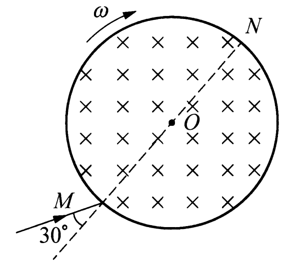
A．磁场方向垂直圆面向外

B．电子在磁场中运动的路程为 $\frac{1}{3}\pi R$

C．质子在磁场中运动的速率为 kv

D．电子、质子通过磁场所用的时间之比为 1∶2

12. 一半径为 R 的圆筒处于匀强磁场中，磁场方向与筒的轴平行，筒的横截面如图所示。图中直径 MN 的两端分别开有小孔，筒绕其中心轴以角速度 ω 顺时针转动。在该截面内，一质量为 m、带电量为 q 的带电粒子从小孔 M 射入筒内，射入时的运动方向与 MN 成 30° 角。当筒转过 90° 时，该粒子恰好从小孔 N 飞出圆筒。不计粒子重力，若粒子在筒内未与筒壁发生碰撞，则关于带电粒子的运动半径 r 与磁场的磁感应强度 B 正确的是(　　)。

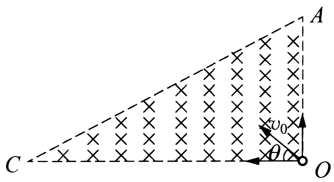


第 12 题图

A. $r = 3R$　　　　B. $r = (\sqrt{3}+1)R$

C. $B = \dfrac{m\omega}{2q}$　　　　D. $B = \dfrac{m\omega}{3q}$

13. 如图所示，以直角三角形 AOC 为边界的有界匀强磁场区域，磁场方向垂直于纸面向里，磁感应强度大小为 B，$\angle A = 60^\circ$，$AO = a$。在 O 点放置一个粒子源，可以向纸面内各个方向发射某种带负电粒子，粒子的比荷为 $\dfrac{q}{m}$，速度大小都为 v_0，且满足 $v_0 = \dfrac{qBa}{m}$，发射方向由图中的角度 θ 表示。对于粒子进入磁场后的运动(不计重力作用)，下列说法中正确的是(　　)。



第 13 题图

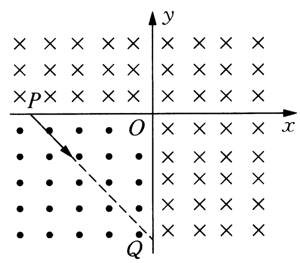
A. 粒子在磁场中运动的半径为 a

B. 粒子有可能打到 A 点

C. 以 $\theta = 60^\circ$ 飞入的粒子在磁场中运动时间最短

D. 在 AC 边界上只有一半区域有粒子射出

14. 如图所示，在 xOy 平面内存在着磁感应强度大小为 B 的匀强磁场，第一、二、四象限内的磁场方向垂直纸面向里，第三象限内的磁场方向垂直纸面向外。$P(-\sqrt{2}L,\ 0)$、$Q(0,\ -\sqrt{2}L)$ 为坐标轴上的两个点。现有一电子从 P 点沿 PQ 方向射出，不计电子的重力，则(　　)。



第 14 题图

A. 若电子从 P 点出发恰好经原点 O 第一次射出磁场分界线，则电子运动的路程一定为 $\dfrac{\pi L}{2}$

B. 若电子从 P 点出发经原点 O 到达 Q 点，则电子运动的路程一定为 πL

C. 若电子从 P 点出发经原点 O 到达 Q 点，则电子运动的路程可能为 $2\pi L$

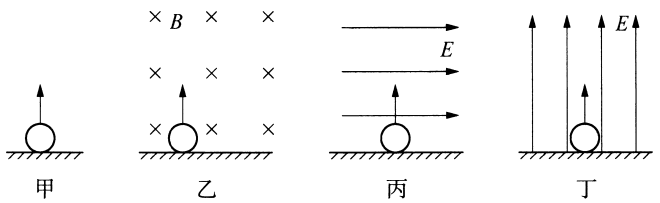
D. 若电子从 P 点出发经原点 O 到达 Q 点，则 $n\pi L$(n 为任意正整数)都有可能是电子运动的路程

专题十四　带电粒子在复合场中的运动

适应训练

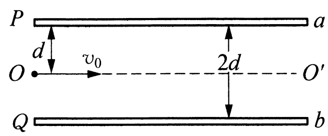
1. 如图甲所示，带电小球以一定的初速度 v_0 竖直向上抛出，能够达到的最大高度为 h_1；若加上水平方向的匀强磁场(见图乙)，且保持初速度仍为 v_0，小球上升的最大高度为 h_2；若加上水平方向的匀强电场(见图丙)，且保持初速度仍为 v_0，小球上升的最大高度为 h_3，若加上竖直向上的匀强电场(见图丁)，且保持初速度仍为 v_0，小球上升的最大高度为 h_4。不计空气阻力影响，则(　　)。

A. $h_2 = h_1$　　B. $h_2 < h_1$　　C. $h_3 = h_1$　　D. $h_4 < h_1$



第 1 题图

2. 如图所示，P、Q 为相距较近的一对平行金属板，间距为 $2d$，OO' 为两板间的中心线。一束相同的带电粒子以初速度 v_0 从 O 点射入 P、Q 间，v_0 的方向与两板平行。如果在 P、Q 间加上方向竖直向上、场强大小为 E 的匀强电场，则粒子束恰好从 P 板右端的 a 点射出；如果在 P、Q 间加上方向垂直纸面向外、磁感应强度大小为 B 的匀强磁场，则粒子束将恰好从 Q 板右端的 b 点射出。不计粒子的重力及粒子间的相互作用力，如果同时加上上述的电场和磁场，则(　　)。



第 2 题图

A. 粒子束将沿直线 OO' 运动

B. 粒子束将沿曲线运动，射出点位于 O' 点上方

C. 粒子束将沿曲线运动，射出点位于 O' 点下方

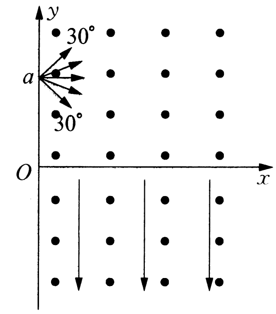
D. 粒子束可能沿曲线运动，但射出点一定位于 O' 点

3. 如图所示，在 xOy 平面的第一、四象限内存在着方向垂直纸面向外、磁感应强度为 B 的匀强磁场，第四象限内存在方向沿 $-y$ 方向、电场强度为 E 的匀强电场。从 y 轴上坐标为 a 的一点向磁场区发射速度大小不等的带正电同种粒子，速度方向范围是与 $+y$ 方向成 $30°\sim150°$，且在 xOy 平面内。结果所有粒子经过磁场偏转后都垂直打到 x 轴上，然后进入第四象限的匀强电场区。已知带电粒子电量为 $+q$，质量为 m，重力不计。

(1) 确定进入磁场速度最小的粒子的速度方向，并求出速度大小；

(2) 所有通过磁场区的粒子中，求出最长时间与最短时间的比值；

(3) 从 x 轴上 $x=(\sqrt{2}-1)a$ 的点射入第四象限的粒子穿过电、磁场后经过 y 轴上 $y=-b$ 的点，求该粒子经过 $y=-b$ 点的速度大小。



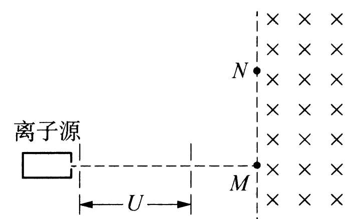
第 3 题图

真题演练

4. (2018 全国卷Ⅲ)如图所示，从离子源产生的甲、乙两种离子，由静止经加速电压 U 加速后在纸面内水平向右运动，自 M 点垂直于磁场边界射入匀强磁场，磁场方向垂直于纸面向里，磁场左边界竖直。已知甲种离子射入磁场的速度大小为 v_1，并在磁场边界的 N 点射出；乙种离子在 MN 的中点射出；MN 长为 l。不计重力影响和离子间的相互作用。求：

(1) 磁场的磁感应强度大小；

(2) 甲、乙两种离子的比荷之比。



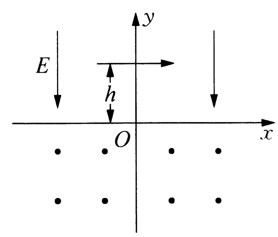
第 4 题图

5. (2018 全国卷Ⅰ)如图所示,在 $y>0$ 的区域存在方向沿 y 轴负方向的匀强电场,场强大小为 E,在 $y<0$ 的区域存在方向垂直于 xOy 平面向外的匀强磁场。一个氕核 $_{1}^{1}H$ 和一个氘核 $_{1}^{2}H$ 先后从 y 轴上 $y=h$ 点以相同的动能射出,速度方向沿 x 轴正方向。已知 $_{1}^{1}H$ 进入磁场时,速度方向与 x 轴正方向的夹角为 $60°$,并从坐标原点 O 处第一次射出磁场。$_{1}^{1}H$ 的质量为 m,电荷量为 q 不计重力。求:

(1) $_{1}^{1}H$ 第一次进入磁场的位置到原点 O 的距离;

(2) 磁场的磁感应强度大小;

(3) $_{1}^{2}H$ 第一次离开磁场的位置到原点 O 的距离。

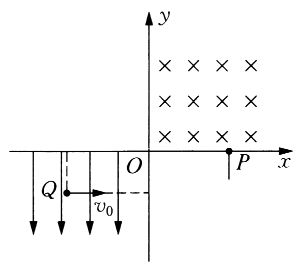


第 5 题图

6. (2017 · 天津卷)平面直角坐标系 xOy 中,第Ⅰ象限存在垂直于平面向里的匀强磁场,第Ⅲ象限存在沿 y 轴负方向的匀强电场,如图所示。一带负电的粒子从电场中的 Q 点以速度 v_0 沿 x 轴正方向开始运动,Q 点到 y 轴的距离为到 x 轴距离的 2 倍。粒子从坐标原点 O 离开电场进入电场,最终从 x 轴上的 P 点射出磁场,P 点到 y 轴距离与 Q 点到 y 轴距离相等。不计粒子重力,求:

(1) 粒子到达 O 点时速度的大小和方向;

(2) 电场强度和磁感应强度的大小之比。



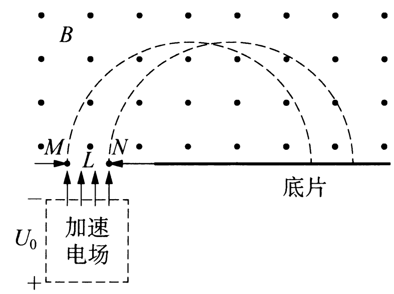
第 6 题图

7.（2017·江苏卷）一台质谱仪的工作原理如图所示。大量的甲、乙两种离子飘入电压为 U_0 的加速电场，其初速度几乎为 0，经过加速后，通过宽为 L 的狭缝 MN 沿着与磁场垂直的方向进入磁感应强度为 B 的匀强磁场中，最后打到照相底片上。已知甲、乙两种离子的电荷量均为 $+q$，质量分别为 $2m$ 和 m，图中虚线为经过狭缝左、右边界 M、N 的甲种离子的运动轨迹。不考虑离子间的相互作用。

(1) 求甲种离子打在底片上的位置到 N 点的最小距离 x；

(2) 在答题卡的图中用斜线标出磁场中甲种离子经过的区域，并求该区域最窄处的宽度 d；

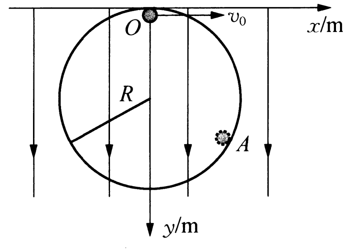
(3) 若考虑加速电压有波动，在 $(U_0-\Delta U)$ 到 $(U_0+\Delta U)$ 之间变化，要使甲、乙两种离子在底片上没有重叠，求狭缝宽度 L 满足的条件。



第 7 题图

模拟训练

8.（2019 上饶市二模）如图所示，一个半径为 $R=0.5\text{ m}$ 的圆形轨道固定在竖直面内，以其最高点 O 为坐标原点建立平面直角坐标系 xOy，其中 x 轴沿水平方向，y 轴沿竖直方向，整个空间存在范围足够大、方向竖直向下的匀强电场，规定 O 点为电势能及重力势能的零点。若从 O 点将一个质量为 $m=0.1\text{ kg}$、可视为质点的带正电小球以 $v_0=2\text{ m/s}$ 的速度平行于 x 轴抛出，小球落于轨道上 $x=0.4\text{ m}$ 处的 A 点。若该小球抛出速度增至 $4v_0$，小球将沿轨道做完整的圆周运动。已知重力加速度 $g=10\text{ m/s}^2$，则下列说法中正确的是（　　）。



第 8 题图

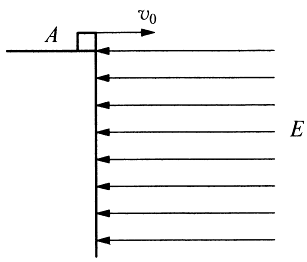
A. 小球所受电场力大小等于其重力的 4 倍

B. 小球以 $v_0=2\text{ m/s}$ 的速度抛出后运动至 A 点的过程中，其速度变化量为 8 m/s，方向竖直向下

C. 小球以 $4v_0$ 的速度抛出后的运动过程中，小球机械能的最大值为 6.2 J

D. 若小球从 O 水平抛出速度增至 $2v_0$，也能沿轨道做完整的圆周运动

9．（2018·广东省茂名市高三第一次综合测试）如图所示，质量为 m、带电荷量为 $+q$ 的小金属块 A 以初速度 v_0 从光滑绝缘水平高台上飞出。已知在足够高的高台边缘右面空间中存在水平向左的匀强电场，场强大小 $E=\dfrac{3mg}{q}$。则（　　）。



第 9 题图

A．金属块不一定会与高台边缘相碰

B．金属块一定会与高台边缘相碰，相碰前金属块在做匀变速运动

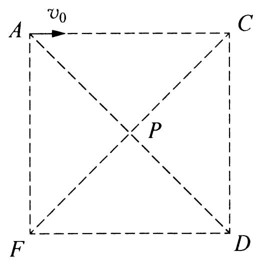
C．金属块运动过程中距高台边缘的最大水平距离为 $\dfrac{v_0^2}{4g}$

D．金属块运动过程的最小速度为 $\dfrac{\sqrt{10}v_0}{10}$

10.（江西红色七校 2019 届高三第二次联考）如图所示，在正方形 $ACDF$ 区域内、对角线 CF 以上的区域存在垂直纸面的匀强磁场，对角线 CF 以下的区域存在平行于 DF 方向的匀强电场，正方形边长为 l。一个质量为 m、电荷量为 $+q$ 的带电粒子（重力不计）以初速度 v_0 从 A 点沿 AC 方向进入磁场，在对角线 CF 的中点 P 处进入电场，并从 DF 边上离开电场。求：

（1）磁场的磁感应强度 B 的大小和方向；

（2）电场强度 E 的大小范围。



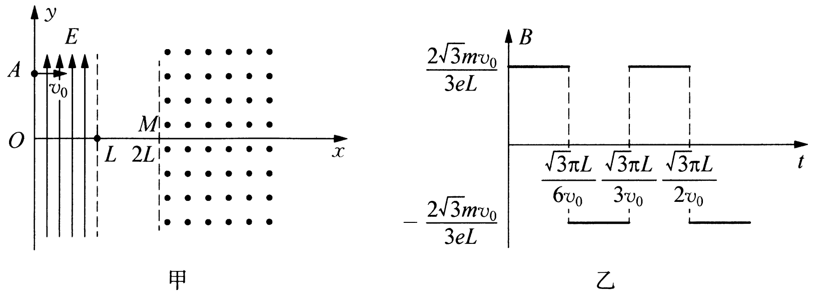
第 10 题图

专题预测

11. 如图甲所示，在直角坐标系 $0\leqslant x\leqslant L$ 区域内有沿 y 轴正方向的匀强电场，场强大小 $E=\frac{\sqrt{3}mv_0^2}{3eL}$，$x\geqslant 2L$ 区域内存在匀强磁场，该区域左侧边界与 x 轴的交点为 M。现有一质量为 m，带电量为 e 的电子，从 y 轴上的 A 点以速度 v_0 沿 x 轴正方向射入电场，飞出电场后从 M 点进入磁场区域。不计电子的重力。

(1) 求 A 点坐标；

(2) 若 $x\geqslant 2L$ 的区域加垂直于纸面方向周期性变化磁场，磁场从电子射入 M 点开始做如图乙所示的周期性变化(以垂直于纸面向外为磁场正方向)。在电子从 A 点出发的同时，一个不带电的粒子 P 从 M 点沿 x 轴正方向做匀速直线运动，最终两粒子相碰，求粒子 P 的速度。

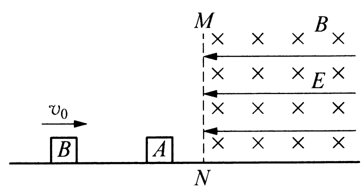


第 11 题图

12. 如图所示，竖直平面 MN 与纸面垂直，MN 右侧的空间存在着垂直纸面向内的匀强磁场和水平向左的匀强电场，MN 左侧的水平面光滑，右侧的水平面粗糙。质量为 m 的物体 A 静止在 MN 左侧的水平面上，已知该物体带负电，电荷量的大小为 q。一质量为 $\frac{1}{3}m$ 的不带电的物体 B 以速度 v_0 冲向物体 A 并发生弹性碰撞，碰撞前后物体 A 的电荷量保持不变。求：

(1) 碰撞后物体 A 的速度大小；

(2) 若 A 与水平面的动摩擦因数为 μ，重力加速度的大小为 g，磁感应强度的大小为 $B=\frac{3mg}{qv_0}$，电场强度的大小为 $E=\frac{4\mu mg}{q}$。已知物体 A 从 MN 开始向右移动的距离为 l 时，速度增加到最大值。求：a. 此过程中物体 A 克服摩擦力所做的功 W；b. 此过程所经历的时间 t。



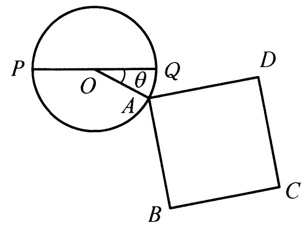
第 12 题图

13. 如图所示，圆 O 的半径是 R，PQ 是圆 O 的直径，A 是圆周上的一点，$ABCD$ 是正方形，正方形的边长与圆的直径相等，$\theta=37°$。圆 O 内有垂直 PQ 竖直向下的匀强电场，$ABCD$ 内有垂直纸面向外匀强磁场（电场和磁场都没有画出）。一个质量为 m，带电量为 q 的正电荷从 P 点以初速度 v_0 沿 PQ 进入圆形的电场区域，从 A 点离开电场进入磁场，进入磁场时电荷的速度方向沿着对角线 AC，不计电荷的重力。求：

(1) 圆 O 内匀强电场的电场强度大小 E；

(2) 若电荷从 B 点离开匀强磁场，则电荷在磁场中的运动时间 t；

(3) 若电荷刚好能垂直 BC 边离开磁场，求这时磁场的磁感应强度大小 B。



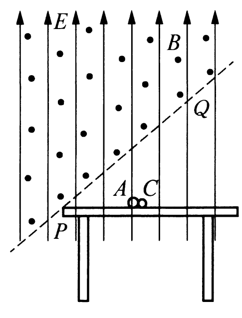
第 13 题图

14. 如图所示，整个空间中存在竖直向上的匀强电场。经过桌边的虚线 PQ 与桌面成 $45°$ 角，虚线上方有足够大的垂直纸面向外的匀强磁场，磁感应强度为 B。光滑绝缘水平桌面上有两个可以视为质点的绝缘小球，A 球对桌面的压力为零，其质量为 m，电荷量为 q；C 球不带电且质量为 $km(k>7)$。A、C 间夹着质量可忽略的火药，现点燃火药（此时间极短且不会影响小球的质量、电荷量和各表面的光滑程度），火药炸完瞬间 A 的速度大小为 v_0。

(1) 火药爆炸过程中有多少化学能转化为机械能？

(2) 求 A 球在磁场中的运动时间；

(3) 若一段时间后 A、C 在桌上相遇，求爆炸前 A 球与桌边 P 的距离。

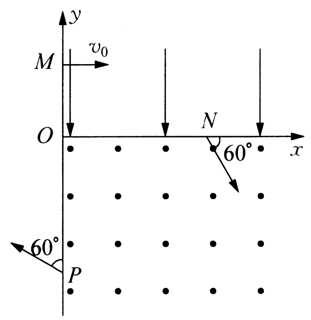


第 14 题图

15. 平面直角坐标系 xOy 中，第Ⅰ象限存在沿 y 轴负方向的匀强电场，第Ⅳ象限存在垂直于坐标平面向外的匀强磁场，磁感应强度大小为 B。一质量为 m、电荷量为 q 的带正电的粒子从 y 轴正半轴上的 M 点以速度 v_0 垂直于 y 轴射入电场，经 x 轴上的 N 点与 x 轴正方向成 $60°$ 角射入磁场，最后从 y 轴负半轴上的 P 点与 y 轴正方向成 $60°$ 角射出磁场，如图所示。不计粒子重力，求：

(1) 粒子在磁场中运动的轨道半径 R；

(2) 匀强电场的场强大小 E。



第 15 题图

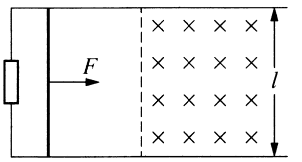
专题十五　电磁感应与力学综合

适应训练

1. 如图所示，水平面(纸面)内间距为 l 的平行金属导轨左端接一电阻，质量为 m、长度为 l 的金属杆置于导轨上。$t=0$ 时，金属杆在水平向右、大小为 F 的恒定拉力的作用下由静止开始运动。t_0 时刻，金属杆进入磁感应强度大小为 B，方向垂直于纸面向里的匀强磁场区域，且在磁场中恰好能保持匀速运动。杆与导轨的电阻均忽略不计，两者始终保持垂直且接触良好，两者之间的动摩擦因数为 μ。重力加速度大小为 g。求：

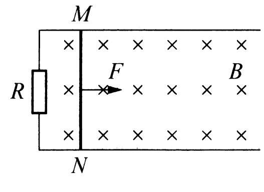
(1) 金属杆在磁场中运动时产生的电动势的大小；

(2) 电阻的阻值。

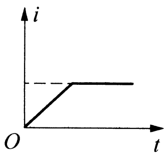


第 1 题图

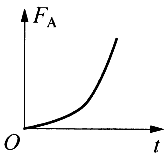
2. 如图所示，电阻不计，间距为 L 的光滑平行金属导轨水平放置于磁感应强度为 B、方向竖直向下的匀强磁场中，导轨左端接一定值电阻 R。质量为 m、电阻为 r 的金属棒 MN 置于导轨上，受到垂直于金属棒的水平外力 F 的作用由静止开始运动，外力 F 与金属棒速度 v 的关系是 $F=F_0+kv$(F_0、k 是常量)，金属棒与导轨始终垂直且接触良好。金属棒中感应电流为 i，受到的安培力大小为 F_A，电阻 R 两端的电压为 U_R，感应电流的功率为 P，它们随时间 t 变化图象可能正确的有(　　)。



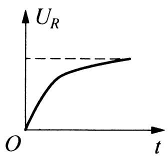
第 2 题图



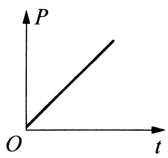
A.



B.



C.



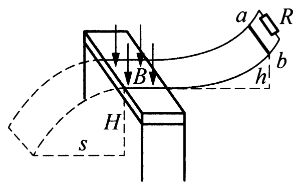
D.

3. 如图所示，两金属导轨间距 $d=2\ \text{m}$，在桌面外弯曲部分是光滑的，桌面上的部分是水平粗糙的，仅在桌面上有磁感应强度 $B=1\ \text{T}$、方向竖直向下的有界磁场，电阻 $R=3\ \Omega$，桌面高 $H=0.8\ \text{m}$，金属杆 ab 质量 $m=0.2\ \text{kg}$，其电阻 $r=1\ \Omega$，在导轨上距桌面 $h=0.2\ \text{m}$ 的高度处由静止释放，落地点距桌面左边缘的水平距离 $s=0.4\ \text{m}$，整个过程中流过电阻 R 的电量 $q=0.1\ \text{C}$，电阻 R 上产生电热 $Q_R=0.15\ \text{J}$，$g=10\ \text{m/s}^2$。求：

(1) 金属杆刚进入磁场时，R 上的电流大小；

(2) 金属杆落地时功率；

(3) 桌面上部分导轨的动摩擦因数。



第 3 题图

真题演练

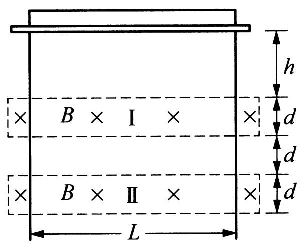
4. (2018 江苏卷) 如图所示，竖直放置的"⊓"形光滑导轨宽为 L，矩形匀强磁场Ⅰ、Ⅱ的高和间距均为 d，磁感应强度为 B。质量为 m 的水平金属杆由静止释放，进入磁场Ⅰ和Ⅱ时的速度相等。金属杆在导轨间的电阻为 R，与导轨接触良好，其余电阻不计，重力加速度为 g。金属杆（　　）。

A．刚进入磁场Ⅰ时加速度方向竖直向下

B．穿过磁场Ⅰ的时间大于在两磁场之间的运动时间

C．穿过两磁场产生的总热量为 $4mgd$

D．释放时距磁场Ⅰ上边界的高度 h 可能小于$\frac{m^2gR^2}{2B^4L^4}$



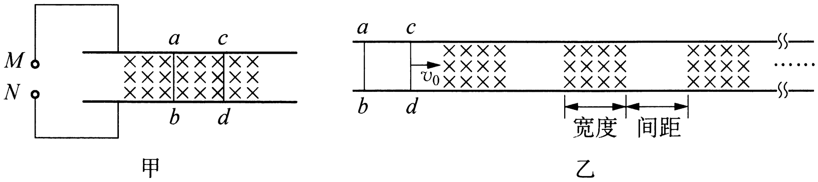
第 4 题图

5. (2018 天津卷)真空管道超高速列车的动力系统是一种将电能直接转换成平动动能的装置。图甲所示是某种动力系统的简化模型,图中粗实线表示固定在水平面上间距为 l 的两条平行光滑金属导轨,电阻忽略不计,ab 和 cd 是两根与导轨垂直,长度均为 l,电阻均为 R 的金属棒,通过绝缘材料固定在列车底部,并与导轨良好接触,其间距也为 l,列车的总质量为 m。列车启动前,ab、cd 处于磁感应强度为 B 的匀强磁场中,磁场方向垂直于导轨平面向下,如图甲所示,为使列车启动,需在 M、N 间连接电动势为 E 的直流电源,电源内阻及导线电阻忽略不计,列车启动后电源自动关闭。

(1) 要使列车向右运行,启动时图甲中 M、N 哪个接电源正极,并简要说明理由;

(2) 求刚接通电源时列车加速度 a 的大小;

(3) 列车减速时,需在前方设置如图乙所示的一系列磁感应强度为 B 的匀强磁场区域,磁场宽度和相邻磁场间距均大于 l。若某时刻列车的速度为 v_0,此时 ab、cd 均在无磁场区域,试讨论:要使列车停下来,前方至少需要多少块这样的有界磁场?



第 5 题图

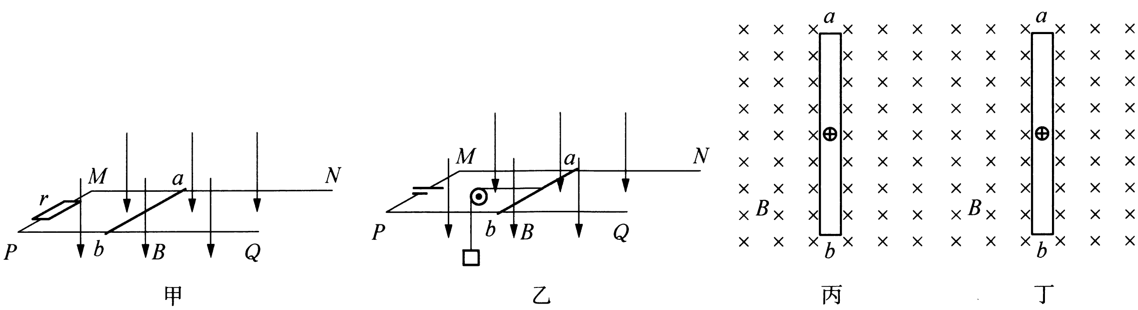
6. （2017 · 北京卷）发电机和电动机具有装置上的类似性，源于它们机理上的类似性。直流发电机和直流电动机的工作原理可以简化为如图甲、图乙所示的情景。在竖直向下的磁感应强度为 B 的匀强磁场中，两根光滑平行金属轨道 MN、PQ 固定在水平面内，相距为 L，电阻不计。电阻为 R 的金属导体棒 ab 垂直于 MN、PQ 放在轨道上，与轨道接触良好，以速度 v（v 平行于 MN）向右做匀速运动。图甲中轨道端点 M、P 间接有阻值为 r 的电阻，导体棒 ab 受到水平向右的外力作用。图乙中轨道端点 M、P 间接有直流电源，导体棒 ab 通过滑轮匀速提升重物，电路中的电流为 I。

（1）求在 Δt 时间内，图甲中“发电机”产生的电能和图乙中“电动机”输出的机械能。

（2）从微观角度看，导体棒 ab 中的自由电荷所受洛伦兹力在上述能量转化中起着重要作用。为了方便，可认为导体棒中的自由电荷为正电荷。

a. 请在图丙（图甲中的导体棒 ab）、图丁（图乙中的导体棒 ab）中，分别画出自由电荷所受洛伦兹力的示意图。

b. 我们知道，洛伦兹力对运动电荷不做功。那么，导体棒 ab 中的自由电荷所受洛伦兹力是如何在能量转化过程中起到作用的呢？请以图乙中“电动机”为例，通过计算分析说明。



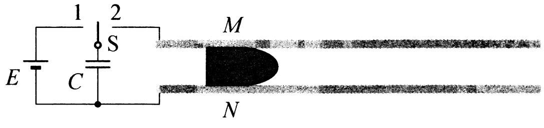
第 6 题图

7. (2017 · 天津卷)电磁轨道炮利用电流和磁场的作用使炮弹获得超高速度，其原理可用来研制新武器和航天运载器。电磁轨道炮示意如图所示，图中直流电源电动势为 E，电容器的电容为 C。两根固定于水平面内的光滑平行金属导轨间距为 l，电阻不计。炮弹可视为一质量为 m、电阻为 R 的金属棒 MN，垂直放在两导轨间处于静止状态，并与导轨良好接触。首先开关 S 接 1，使电容器完全充电。然后将 S 接至 2，导轨间存在垂直于导轨平面、磁感应强度大小为 B 的匀强磁场(图中未画出)，MN 开始向右加速运动。当 MN 上的感应电动势与电容器两极板间的电压相等时，回路中电流为零，MN 达到最大速度，之后离开导轨。求：

(1) 磁场的方向；

(2) MN 刚开始运动时加速度 a 的大小；

(3) MN 离开导轨后电容器上剩余的电荷量 Q 是多少？



第 7 题图

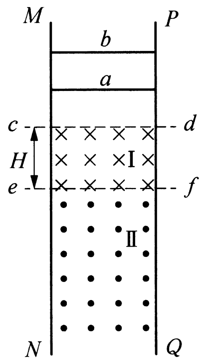
模拟训练

8. (2019 江西师大附中三模)如图所示,平行光滑导轨竖直固定放置,导轨间距为 L,导轨间、水平虚线 cd 和 ef 间的区域Ⅰ内有垂直于导轨平面向里的匀强磁场、虚线 ef 下方的区域Ⅱ内有垂直于导轨平面向外的匀强磁场,两区域内的磁场磁感应强度大小均为 B, cd、ef 间的距离为 H,长度均为 L、质量均为 m、电阻均为 R 的金属棒 a、b 垂直于导轨表面放置,金属棒 a 离磁场边界 cd 有一定的高度、b 离磁场边界 cd 的距离为$\frac{2m^2gR^2}{B^4L^4}$,其中 g 为重力加速度。先固定金属棒 b,由静止释放金属棒 a,金属棒 a 进入区域Ⅰ后做加速运动,金属棒 a 在到达虚线 ef 之前加速度已为 0,当金属棒 a 刚好要出区域Ⅰ时释放金属棒 b,此后,金属棒 b 在到达虚线 ef 之前加速度也已为 0,不计导轨的电阻,导轨足够长,两金属棒运动过程中始终保持水平,且与导轨接触良好。求:

(1) 金属棒 a 刚好要出区域Ⅰ时速度大小;

(2) 金属棒 b 刚进区域Ⅰ时加速度的大小和方向;

(3) 若金属棒 a 开始释放的位置离磁场边界 cd 的距离为 h,则从金属棒 a 释放到金属棒 b 刚好要出区域Ⅰ的过程中,回路中产生的焦耳热。



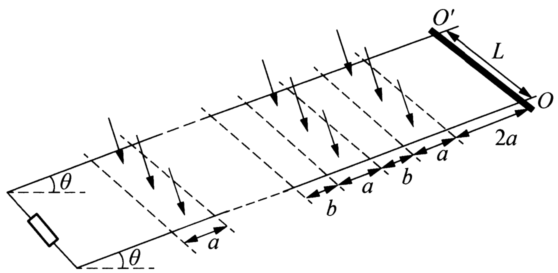
第 8 题图

9. (2019上饶市二模)如图所示,间距为 L 的两条足够长的平行金属导轨与水平面的夹角为 $\theta=30^\circ$,导轨电阻忽略不计。一根质量为 m、长为 L、电阻为 R 的金属棒两端放于导轨上(金属棒与导轨垂直),导轨与金属棒间的动摩擦因数为 $\mu=\dfrac{\sqrt{3}}{2}$,棒与导轨的接触电阻不计。导轨下端连有阻值也为 R 的电阻,轨道平面上有 n 段垂直于轨道平面向下的宽度为 a、间距为 b 的匀强磁场($a>b$),磁感应强度为 B。金属棒起初位于 OO' 处,与第一段磁场相距 $2a$。

(1) 若金属棒有沿斜面向下的初速度 v_0,为使金属棒保持 v_0 的速度一直沿斜面向下穿过各磁场,需对金属棒施加一个沿斜面方向的作用力。求金属棒进入磁场前拉力 F_1 的大小和进入磁场后拉力 F_2 大小;

(2) 在(1)的情况下,求金属棒从 OO' 开始运动到刚离开第 n 段磁场过程中拉力所做的功;

(3) 若金属棒初速度为零,现对其施以沿斜面向下的恒定拉力 F,使棒穿过各段磁场,发现电阻两端的电压随时间以固定的周期做周期性变化。求金属棒从 OO' 处开始运动到刚离开第 n 段磁场的整个过程中导轨下端电阻上产生的热量,以及金属棒从第 n 段磁场穿出时的速度和电压变化周期。



第 9 题图

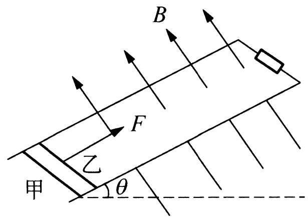
专题预测

10. 如图所示，间距为 d 的光滑平行金属导轨倾斜地固定，与水平面之间的夹角为 θ，在导轨的顶端连接一阻值为 $2R$ 的定值电阻。导轨处于垂直导轨平面向上的匀强磁场中，磁感应强度大小为 B，两质量均为 m、阻值均为 R 的导体棒甲和乙放置在导轨的底端，其中导体棒甲的下端有一垂直导轨放置的光滑挡板。在导体棒乙上加一平行导轨向上的外力 F，使导体棒乙由静止开始沿导轨向上做匀加速直线运动，其加速度大小为 a，整个过程中，导体棒甲、乙始终与导轨垂直，且与导轨接触良好，忽略导轨的电阻，重力加速度用 g 表示。

(1) 如果从导体棒乙开始运动计时，则需要多长时间导体棒甲对底端挡板的作用力为零？

(2) 当导体棒甲与挡板之间的作用力为零时，定值电阻消耗的电功率是多少？

(3) 请写出从导体棒乙开始运动到导体棒甲与挡板之间作用力为零的过程中外力 F 与时间 t 的关系式。



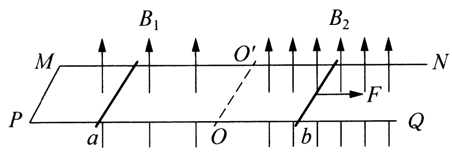
第 10 题图

11. 如图所示，MN、PQ 为两根足够长的水平放置的平行金属导轨，间距 $L=1\ \text{m}$；整个空间以 OO' 为分界，左侧有垂直导轨平面向上的匀强磁场，磁感应强度大小 $B_1=1\ \text{T}$，右侧有方向相同、磁感应强度大小为 $B_2=2\ \text{T}$ 的匀强磁场。两根完全相同的导体棒 a、b，质量均为 $m=0.1\ \text{kg}$，与导轨间的动摩擦因数均为 $\mu=0.2$，其在导轨间的电阻均为 $R=1\ \Omega$。开始时，a、b 棒均静止在导轨上，现用平行于导轨的恒力 $F=0.8\ \text{N}$ 向右拉 b 棒。假定 a 棒始终在 OO' 左侧运动，b 棒始终在 OO' 右侧运动，除导体棒外其余电阻不计，滑动摩擦力和最大静摩擦力大小相等，g 取 $10\ \text{m/s}^2$。

(1) a 棒开始滑动时，求 b 棒的速度大小；

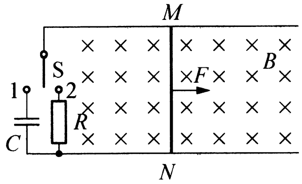
(2) 当 b 棒的加速度为 $1.5\ \text{m/s}^2$ 时，求 a 棒的加速度大小；

(3) 已知经过足够长的时间后，b 棒开始做匀加速运动，求该匀加速运动的加速度大小，并计算此时 a 棒中电流的热功率。



第 11 题图

12. 如图所示，宽为 L 的水平光滑金属轨道上放置一根质量为 m 的导体棒 MN，轨道左端通过一个单刀双掷开关与一个电容器和一个阻值为 R 的电阻连接，匀强磁场的方向与轨道平面垂直，磁感应强度大小为 B，电容器的电容为 C，金属轨道和导体棒的电阻不计。现将开关拨向"1"，导体捧 MN 在水平向右的恒力 F 作用下由静止开始运动，经时间 t_0 后，将开关 S 拨向"2"，再经时间 t，导体棒 MN 恰好开始匀速向右运动。下列说法中正确的是(　　)。



第 12 题图

A．开关拨向"1"时，金属棒做加速度逐渐减小的加速运动

B．t_0 时刻电容器所带的电荷量为$\dfrac{CBLFt_0}{m+B^2L^2C}$

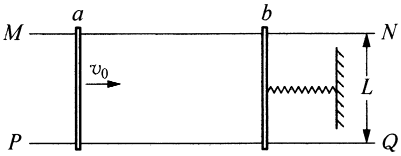
C．开关拨向"2"后，导体棒匀速运动的速率为$\dfrac{FR}{B^2L^2}$

D．开关拨向"2"后 t 时间内，不能计算导体棒通过的位移

13. 如图所示，在水平面上有两条光滑的长直平行金属导轨 MN、PQ，导轨间距离为 L，导轨的电阻忽略不计，磁感应强度为 B 的匀强磁场垂直于导轨所在平面。质量分别为 m_a、m_b 的两根金属杆 a、b 跨搁在导轨上，接入电路的电阻均为 R。轻质弹簧的左端与 b 杆连接，右端被固定。开始时 a 杆以初速度 v_0 向静止的 b 杆运动，当 a 杆向右的速度为 v 时，b 杆向右的速度达到最大值 v_m，此过程中 a 杆产生的焦耳热为 Q，两杆始终垂直于导轨并与导轨良好接触。求当 b 杆达到最大速度 v_m 时：

(1) b 杆受到弹簧的弹力；

(2) 弹簧具有的弹性势能。

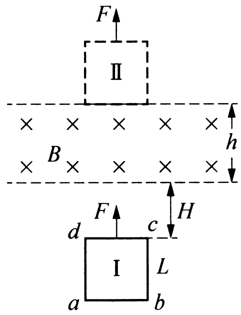


第 13 题图

14. 如图所示，在高度差为 $h=0.5\ \mathrm{m}$ 的平行虚线范围内有匀强磁场，磁场的磁感应强度为 $B=0.5\ \mathrm{T}$，方向垂直于竖直平面向里。正方形线框 $abcd$，其质量为 $m=0.1\ \mathrm{kg}$，边长为 $L=0.5\ \mathrm{m}$，电阻为 $R=0.5\ \Omega$，线框平面与竖直平面平行。线框静止在位置Ⅰ时，cd 边与磁场的下边缘有一段距离，现用一竖直向上的恒力 $F=4.0\ \mathrm{N}$ 向上拉动线框，使线框从位置Ⅰ无初速地向上运动，并穿过磁场区域，最后到达位置Ⅱ（ab 边刚好出磁场）。线框平面在运动过程中始终在竖直平面内，且 cd 边保持水平。设 cd 边刚进入磁场时，线框恰好开始做匀速运动。求：

(1) 线框进入磁场前与磁场下边界的距离 H；

(2) 线框从位置Ⅰ运动到位置Ⅱ的过程中，恒力 F 做的功及线框内产生的热量。



第 14 题图

第四部分　物理实验

专题十六　力学实验

适应训练

1. 甲、乙两同学通过下面的实验测量人的反应时间。实验步骤如下：

(1) 甲用两个手指轻轻捏住量程为 L 的木尺上端，让木尺自然下垂。乙把手放在尺的下端(位置恰好处于 L 刻度处，但未碰到尺)，准备用手指夹住下落的尺。

(2) 甲在不通知乙的情况下，突然松手，尺子下落；乙看到尺子下落后快速用手指夹住尺子。若夹住尺子的位置刻度为 L_1，重力加速度大小为 g，则乙的反应时间为________(用 L、L_1 和 g 表示)。

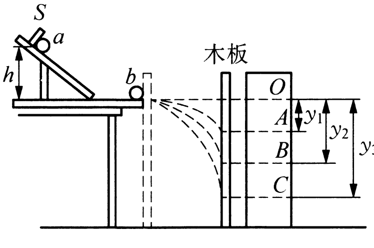
(3) 已知当地的重力加速度大小为 $g=9.80\ \text{m/s}^2$，$L=30.0\ \text{cm}$，$L_1=10.4\ \text{cm}$，乙的反应时间为________s(结果保留 2 位有效数字)。

(4) 写出一条提高测量结果准确程度的建议：________。

2. 如图所示实验装置，某同学用 a、b 两个半径相同的小球，按照以下步骤研究弹性正碰实验操作：

① 在平木板表面钉上白纸和复写纸，并将该木板竖直立于紧靠槽口处，使小球 a 从斜槽轨道上固定点处由静止释放，撞到木板并在白纸上留下痕迹 O；

② 将木板水平向右移动一定距离并固定，再使小球 a 从固定点处由静止释放，撞到木板上。重复多次，用尽可能小的圆把小球的落点圈在里面，其圆心就处于小球落点的平均位置，得到痕迹 B；



第 2 题图

③ 把小球 b 静止放在斜槽轨道水平段的最右端，让小球 a 仍从固定点处由静止释放，和小球 b 相碰后，重复多次，并使用与第二步同样的方法分别标出碰撞后两个小球落点的平均位置，得到两球撞在木板上痕迹 A 和 C。

(1) 为了保证在碰撞过程中 a 球不反弹，a、b 两球的质量 m_1、m_2 间的关系是 m_1 ________ m_2(选填“大于”“小于”或“等于”)。

(2) 完成本实验，必须测量的物理量有________。

A．小球 a 开始释放的高度 h

B．木板水平向右移动的距离 l

C．A 球和 B 球的质量 m_1、m_2

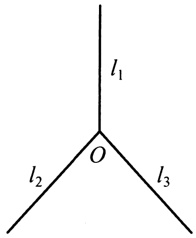
D．O 点到 A、B、C 三点的距离 y_1、y_2、y_3

3. 某物理课外兴趣小组的三名同学想“验证力的平行四边形定则”，他们找到了如下物品：一根粗细均匀的长橡皮筋、木板、剪刀、白纸、铅笔、刻度尺、三角板、三个重量相同的钩码、图钉和细绳若干。他们设计了如下实验方案：

步骤 1：橡皮筋一端固定，另一端系上细绳套，分别挂上一个、两个、三个钩码，用刻度尺测量挂上相应的钩码时橡皮筋的长度，看伸长量是否与所挂钩码数成正比，若成正比则进行下一步；

步骤 2：将橡皮筋剪成长度均为 l 的三段，将三段橡皮筋的一端系在一起设为结点 O，另一端均系上细绳套，任取两细绳套对拉检查对应橡皮筋长度是否相等，若相等则进行下一步；

步骤 3：在木板上固定白纸，在白纸合适位置用图钉套住一细绳套，现用手将另两细绳套成一定角度往下拉适当的距离记录结点 O 的位置和测量三段橡皮筋的长度 l_1、l_2、l_3，如图所示。



第 3 题图

(1) 则有关上述操作说法中正确的有________。

A．步骤 1 的目的是判断橡皮筋的形变是否符合胡克定律

B．步骤 2 的目的是判断三段橡皮筋劲度系数是否相同

C．步骤 3 还需要记录橡皮筋 2、3 的方向

D．步骤 3 还需要用测力计测量三段橡皮筋的拉力大小

(2) 该小组的三名同学分别做此实验，则他们在改变细绳的夹角再做实验时________（填“需要”或“不需要”）保证结点 O 位置不变。现测得 $l=10.0$ m，则甲、乙、丙记录的数据明显存在错误的是________（填“甲”或“乙”或“丙”）。

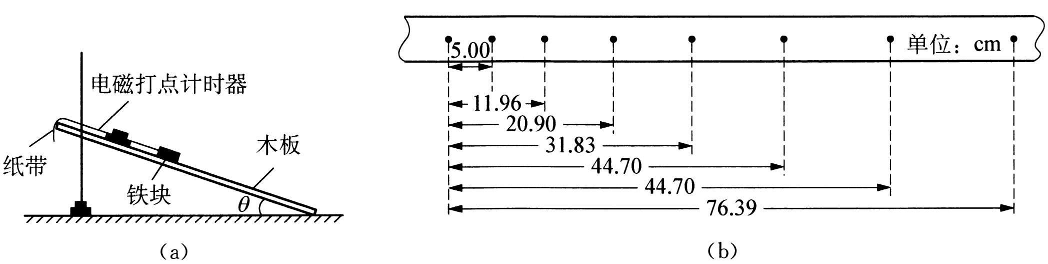
甲：$l_1=l_2=l_3=15.0$ cm

乙：$l_1=15.0$ cm，$l_2=22.0$ cm，$l_3=12.0$ cm

丙：$l_1=16.0$ cm，$l_2=13.0$ cm，$l_3=14.0$ cm

真题演练

4. (2019 全国卷Ⅱ)如图(a)所示，某同学设计了测量铁块与木板间动摩擦因数的实验。所用器材有：铁架台、长木板、铁块、米尺、电磁打点计时器、频率 50 Hz 的交流电源，纸带等。回答下列问题：



第 4 题图

(1) 铁块与木板间动摩擦因数 $\mu=$ ________(用木板与水平面的夹角 θ、重力加速度 g 和铁块

下滑的加速度 a 表示)。

(2) 某次实验时,调整木板与水平面的夹角 $\theta=30°$。接通电源。开启打点计时器,释放铁块,铁块从静止开始沿木板滑下。多次重复操作后选择点迹清晰的一条纸带,如图(b) 所示。图中的点为计数点(每两个相邻的计数点间还有 4 个点未画出)。重力加速度为 9.8 m/s^2。可以计算出铁块与木板间的动摩擦因数为________(结果保留 2 位小数)。

5. (2019 北京卷)用如图甲所示装置研究平抛运动。将白纸和复写纸对齐重叠并固定在竖直的硬板上。钢球沿斜槽轨道 PQ 滑下后从 Q 点飞出,落在水平挡板 MN 上。由于挡板靠近硬板一侧较低,钢球落在挡板上时,钢球侧面会在白纸上挤压出一个痕迹点。移动挡板,重新释放钢球,如此重复,白纸上将留下一系列痕迹点。

(1) 下列实验条件中必须满足的有________。

A. 斜槽轨道光滑

B. 斜槽轨道末段水平

C. 挡板高度等间距变化

D. 每次从斜槽上相同的位置无初速度释放钢球

(2) 为定量研究,建立以水平方向为 x 轴、竖直方向为 y 轴的坐标系。

a. 取平抛运动的起始点为坐标原点,将钢球静置于 Q 点,钢球的________(选填“最上端”、“最下端”或者“球心”)对应白纸上的位置即为原点;在确定 y 轴时________(选填“需要”或者“不需要”)y 轴与重垂线平行。

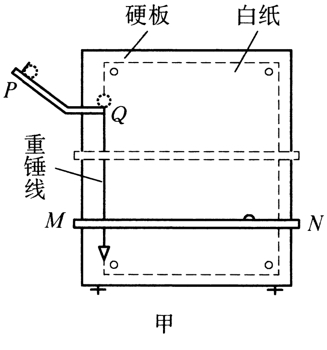
b. 若遗漏记录平抛轨迹的起始点,也可按下述方法处理数据:如图乙所示,在轨迹上取 A、B、C 三点,A、B 和 B、C 的水平间距相等且均为 x,测得 A、B 和 B、C 的竖直间距分别是 y_1 和 y_2,则 $\frac{y_1}{y_2}$________$\frac{1}{3}$(选填“大于”、“等于”或者“小于”)。可求得钢球平抛的初速度大小为________(已知当地重力加速度为 g,结果用上述字母表示)。

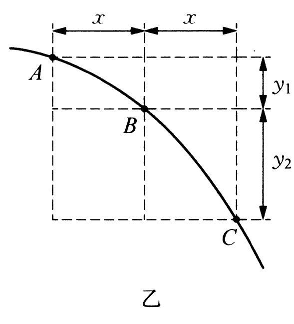
(3) 为了得到平抛物体的运动轨迹,同学们还提出了以下三种方案,其中可行的是________。

A. 从细管水平喷出稳定的细水柱,拍摄照片,即可得到平抛运动轨迹

B. 用频闪照相在同一底片上记录平抛小球在不同时刻的位置,平滑连接各位置,即可得到平抛运动轨迹

C. 将铅笔垂直于竖直的白纸板放置,笔尖紧靠白纸板,铅笔以一定初速度水平抛出,将会在白纸上留下笔尖的平抛运动轨迹





第 5 题图

(4) 伽利略曾研究过平抛运动，他推断：从同一炮台水平发射的炮弹，如果不受空气阻力，不论它们能射多远，在空中飞行的时间都一样。这实际上揭示了平抛物体________。

A. 在水平方向上做匀速直线运动

B. 在竖直方向上做自由落体运动

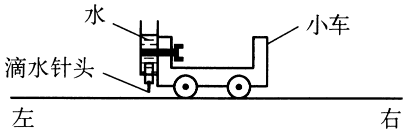
C. 在下落过程中机械能守恒

(5) 牛顿设想，把物体从高山上水平抛出，速度一次比一次大，落地点就一次比一次远，如果速度足够大，物体就不再落回地面，它将绕地球运动，成为人造地球卫星。同样是受地球引力，随着抛出速度增大，物体会从做平抛运动逐渐变为做圆周运动，请分析原因。

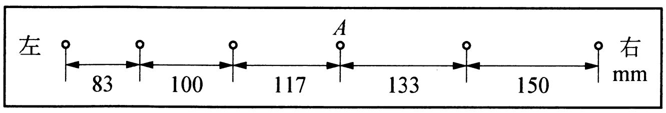
6. (2017·全国卷Ⅰ)某探究小组为了研究小车在桌面上的直线运动，用自制“滴水计时器”计量时间。实验前，将该计时器固定在小车旁，如图(a)所示。实验时，保持桌面水平，用手轻推一下小车。在小车运动过程中，滴水计时器等时间间隔地滴下小水滴，图(b)中记录了桌面上连续的 6 个水滴的位置(已知滴水计时器每 30 s 内共滴下 46 个小水滴)。

(1) 由图(b)可知，小车在桌面上是________(填“从右向左”或“从左向右”)运动的。

(2) 该小组同学根据图(b)的数据判断出小车做匀变速运动。小车运动到图(b)中 A 点位置时的速度大小为________m/s，加速度大小为________m/s^2(结果均保留 2 位有效数字)。



图(a)



图(b)

第 6 题图

7. (2017·天津卷)如图(a)所示，打点计时器固定在铁架台上，使重物带动纸带从静止开始自由下落，利用此装置验证机械能守恒定律。

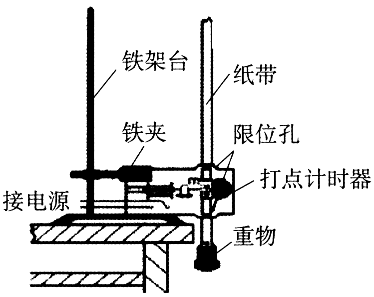
(1) 对于该实验，下列操作中对减小实验误差有利的是________。

A. 重物选用质量和密度较大的金属锤

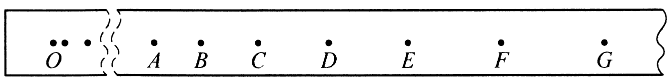
B. 两限位孔在同一竖直面内上下对正

C. 精确测量出重物的质量

D. 用手托稳重物，接通电源后，撒手释放重物



(a)



(b)

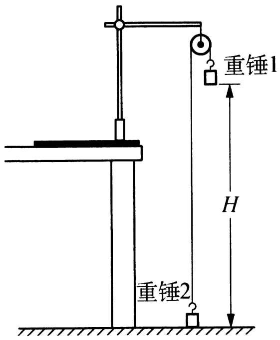
第 7 题图

(2) 某实验小组利用上述装置将打点计时器接到 50 Hz 的交流电源上，按正确操作得到了一条完整的纸带，由于纸带较长，图中有部分未画出，如图(b)所示。纸带上各点是打点计时器打出的计时点，其中 O 点为纸带上打出的第一个点。重物下落高度应从纸带上计时点间的距离直接测出，利用下列测量值能完成验证机械能守恒定律的选项有________。

A. OA、AD 和 EG 的长度　　B. OC、BC 和 CD 的长度

C. BD、CF 和 EG 的长度　　C. AC、BD 和 EG 的长度

8. (2018 江苏卷)某同学利用如图所示的实验装置来测量重力加速度 g。细绳跨过固定在铁架台上的轻质滑轮，两端各悬挂一只质量为 M 的重锤。实验操作如下：



第 8 题图

① 用米尺量出重锤 1 底端距地面的高度 H；

② 在重锤 1 上加上质量为 m 的小钩码；

③ 左手将重锤 2 压在地面上，保持系统静止。释放重锤 2，同时右手开启秒表，在重锤 1 落地时停止计时，记录下落时间；

④ 重复测量 3 次下落时间，取其平均值作为测量值 t。

请回答下列问题：

(1) 步骤④可以减小对下落时间 t 测量________(选填“偶然”或“系统”)的误差。

(2) 实验要求小钩码的质量 m 要比重锤的质量 M 小很多，主要是为了________。

A. 使 H 测得更准确

B. 使重锤 1 下落的时间长一些

C. 使系统的总质量近似等于 $2M$

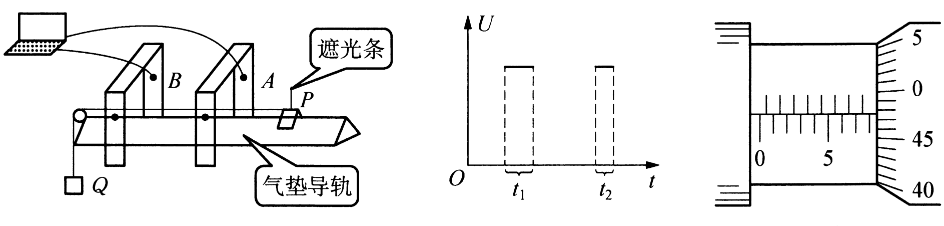
D. 使细绳的拉力与小钩码的重力近似相等

(3) 滑轮的摩擦阻力会引起实验误差，现提供一些橡皮泥用于减小该误差，可以怎么做？

(4) 使用橡皮泥改进实验后，重新进行实验测量，并测出所用橡皮泥的质量为 m_0。用实验中的测量量和已知量表示 g，得 $g=$________。

模拟训练

9. (2019 江西师大附中三模)气垫导轨上相隔一定距离的两处安装有两个光电传感器 A、B，A、B 间距为 L，滑块 P 上固定一遮光条，P 与遮光条的总质量为 M，若光线被遮光条遮挡，光电传感器会输出高电压，两光电传感器采集数据后与计算机相连。滑块在细线的牵引下向左加速运动，遮光条经过光电传感器 A、B 时，通过计算机可以得到如图乙所示的电压 U 随时间 t 变化的图象。



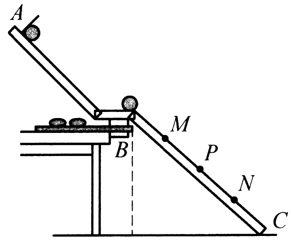
第 9 题图

（1）实验前，接通气源，将滑块（不挂钩码）置于气垫导轨上，轻推滑块，当图乙中的 t_1 ________ t_2（选填“>”、“=”或“<”）时，说明气垫导轨已经水平。

（2）用螺旋测微器测遮光条宽度 d，测量结果如图丙所示，则 $d=$ ________ mm。

（3）将滑块 P 用细线跨过气垫导轨左端的定滑轮与质量为 m 的钩码 Q 相连，将滑块 P 由图甲所示位置释放，通过计算机得到的图象如图乙所示。利用测定的数据，当关系式 $\frac{2mgL}{(m+M)}=$ ________ 成立时，表明在上述过程中，滑块和钩码组成的系统机械能守恒（重力加速度为 g，用题中给定的物理量符号表达）。

10.（2018 山东青岛二模）如图所示为验证动量守恒定律的实验装置。实验中选取两个半径相同、质量不等的小球，按下面步骤进行实验：



第 10 题图

① 用天平测出两个小球的质量分别为 m_1 和 m_2；

② 安装实验装置，将斜槽 AB 固定在桌边，使槽的末端切线水平，再将一斜面 BC 连接在斜槽末端；

③ 先不放小球 m_2，让小球 m_1 从斜槽顶端 A 处由静止释放，标记小球在斜面上的落点位置 P；

④ 将小球 m_2 放在斜槽末端 B 处，仍让小球 m_1 从斜槽顶端 A 处由静止释放，两球发生碰撞，分别标记小球 m_1、m_2 在斜面上的落点位置；

⑤ 用毫米刻度尺测出各落点位置到斜槽末端 B 的距离。图中 M、P、N 点是实验过程中记下的小球在斜面上的三个落点位置，从 M、P、N 到 B 点的距离分别为 s_M、s_P、s_N。依据上述实验步骤，请回答下面问题：

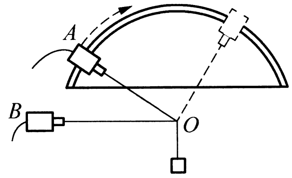
（1）两小球的质量 m_1、m_2 应满足 m_1 ________ m_2（选填“>”“=”或“<”）；

（2）小球 m_1 与 m_2 发生碰撞后，m_1 的落点是图中________点，m_2 的落点是图中________点；

（3）用实验中测得的数据来表示，只要满足关系式____________，就能说明两球碰撞前后动量是守恒的；

（4）若要判断两小球的碰撞是否为弹性碰撞，用实验中测得的数据来表示，只需比较____________与__________是否相等即可。

11.（2018 华南师大附中三模）如图所示，某小组同学利用 DIS 实验装置研究支架上力的分解。A、B 为两个相同的双向力传感器，该型号传感器在受到拉力时读数为正，受到压力时读数为负。A 连接质量不计的细绳，并可沿固定的圆弧形轨道移动。B 固定不动，通过光滑铰链连接一轻杆，将细绳连接在杆右端 O 点构成支架，调整使得 O 点位于圆弧形轨道的圆心处，保持杆沿水平方向。随后按如下步骤操作：



第 11 题图

① 测量绳子与水平杆的夹角 $\angle AOB=\theta$；

② 对两个传感器进行调零；

③ 用另一绳在 O 点悬挂住一个钩码，记录两个传感器读数；

④ 取下钩码，移动传感器 A，改变 θ 角，重复上述步骤①②③④，得到图示数据表格 a。

（1）根据表格 a，可知 A 传感器对应的是表中的力________（选填“F_1”或“F_2”），并求得钩码质量为________kg（保留一位有效数字）；

(2) 换用不同钩码做此实验，重复上述实验步骤，得到数据表格 b。则表格 b 中 30°所对应的 F_2 空缺处数据应为________N；

表格 a

F_1/N	1.001	0.580	…	1.002	…
F_2/N	−0.868	−0.291	…	0.865	…
θ	30°	60°	…	150°	…

表格 b

F_1/N	1.103	…	…
F_2/N		…	…
θ	30°	60°	…

(3) (单选)实验中，让 A 传感器沿圆心为 O 的圆弧形(而不是其他的形状)轨道移动的主要目的是________。

A. 方便改变 A 传感器的读数

B. 方便改变 B 传感器的读数

C. 保持轻杆右端 O 的位置不变

D. 方便改变细绳与杆的夹角 θ

12. (2018 山东济南一中模拟)某同学利用如图(a)所示装置研究小车的匀变速直线运动。

(1) 实验中必要的措施是________。

A. 平衡小车与长木板间的摩擦力

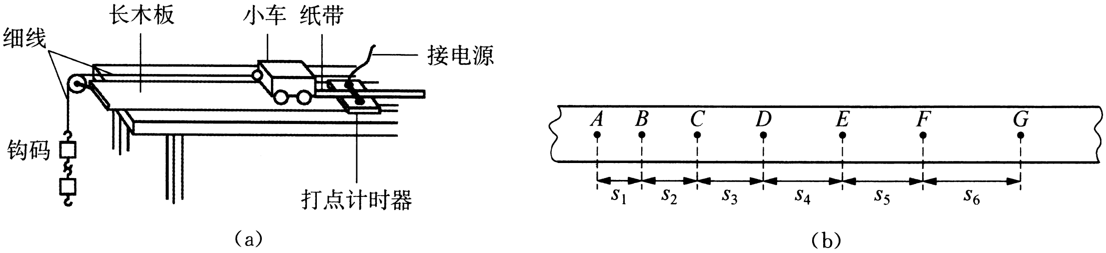
B. 先接通电源再释放小车

C. 小车的质量远大于钩码的质量

D. 细线必须与长木板平行

(2) 他实验时将打点计时器接到频率为 50 Hz 的交流电源上，得到一条纸带，打出的部分计数点如图(b)所示(每相邻两个计数点间还有 4 个点，图中未画出)。$s_1 = 3.59$ cm，$s_2 = 4.42$ cm，$s_3 = 5.19$ cm，$s_4 = 5.97$ cm。则小车的加速度 $a =$ ________ m/s^2(要求充分利用测量的数据)，打点计时器在打 B 点时小车的速度 $v_B =$ ________ m/s。(结果均保留三位有效数字)

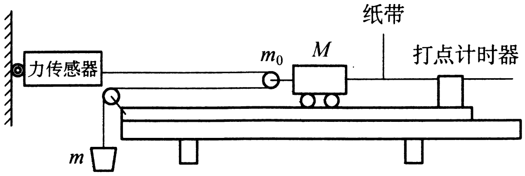
(3) 如果当时电网中交变电流的频率是 $f = 49$ Hz，而做实验的同学并不知道，那么加速度的测量值与实际值相比________(选填“偏大”“偏小”或“不变”)。



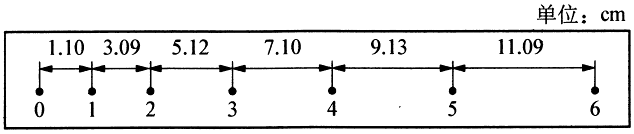
第 12 题图

专题预测

13. 为了探究物体质量一定时加速度与力的关系，甲、乙两同学设计了如图(a)所示的实验装置。其中 M 为带滑轮的小车的质量，m 为砂和砂桶的质量，m_0 为滑轮的质量，力传感器可测出轻绳中的拉力大小。



(a)



(b)

第 13 题图

(1) 实验时，一定要进行的操作是________。

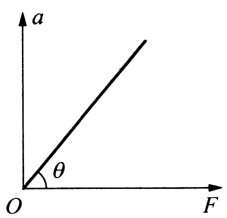
A．用天平测出砂和砂桶的质量

B．将带滑轮的长木板右端垫高，以平衡摩擦力

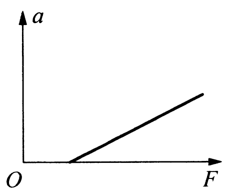
C．小车靠近打点计时器，先接通电源，再释放小车，打出一条纸带，同时记录力传感器的示数

D．为减小误差，实验中一定要保证砂和砂桶的质量 m 远小于小车的质量 M

(2) 甲同学在实验中得到如图(b)所示的一条纸带(两计数点间还有四个点没有画出)，已知打点计时器采用的是频率为 50 Hz 的交流电，根据纸带可求出小车的加速度为________m/s^2(结果保留三位有效数字)。



(c)



(d)

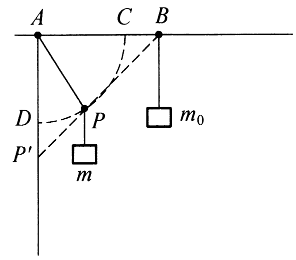
第 13 题图

(3) 甲同学以力传感器的示数 F 为横坐标，加速度 a 为纵坐标，画出的 $a-F$ 图象是一条直线，如图(c)所示，图线与横坐标的夹角为 θ，求得图线的斜率为 k，则小车的质量为________。

A. $\dfrac{1}{\tan\theta}$　　B. $\dfrac{2}{\tan\theta}-m_0$　　C. $\dfrac{2}{k}-m_0$　　D. $\dfrac{2}{k}$

(4) 乙同学根据测量数据作出如图(d)所示的 $a-F$ 图线，该同学做实验时存在的问题是________。

14. 某学习小组设计了一种粗测小物体质量的方法。使用的器材有细绳、硬纸板、支架、刻度尺、铅笔、白纸、自制小滑轮、已知质量的小物块和若干待测小物体等。简化的实验装置如图所示，在 A 点固定一根细绳 AP，以 A 为圆心、AP 为半径描出四分之一圆弧 CD，直线 AC 水平，AD 竖直。在 B 点固定小滑轮，一根细绳绕过小滑轮，一端悬挂小物块(质量 m_0 已知)，另一端连接 P 点。在 P 点悬挂不同的待测小物体，稳定时 P 点在圆弧 CD 上不同的位置。利用学过的物理知识，在圆弧 CD 上不同的位置标出对应的质量值，从而估测小物体的质量。



第 14 题图

(1) 在圆弧 CD 上从 C 点至 D 点标出的质量值应________(填写“逐渐增大”或“逐渐减小”或“先增大后减小”或“先减小后增大”)；

(2) 在圆弧 CD 上描出一点 P，延长 BP 交竖直线 AD 于 P' 点，用刻度尺量出 AP' 长为 l_1，PP' 长为 l_2，则在结点 P 点标出的质量值应为________。

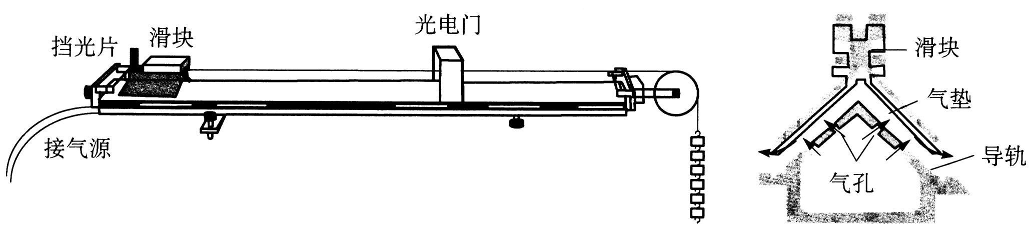
15. 如图甲所示，在水平放置的气垫导轨上有一带有方盒的滑块，质量为 M，气垫导轨右端固定一定滑轮，细线绕过滑轮，一端与滑块相连，另一端挂有 6 个钩码，设每个钩码的质量为 m，且 $M=4m$。

(1) 用游标卡尺测出滑块上的挡光片的宽度，读数如图乙所示，则宽度 $d=$ ________ cm；

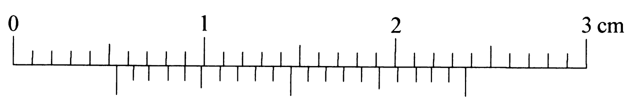
(2) 某同学打开气源，将滑块由静止释放，滑块上的挡光片通过光电门的时间为 t，则滑块通过光电门的速度为________(用题中所给字母表示)；

(3) 开始实验时，细线另一端挂有 6 个钩码，由静止释放后细线上的拉力为 F_1，接着每次实验时将 1 个钩码移放到滑块上的方盒中，当只剩 3 个钩码时细线上的拉力为 F_2，则 F_1 ________ $2F_2$ (填“大于”、“等于”或“小于”)；

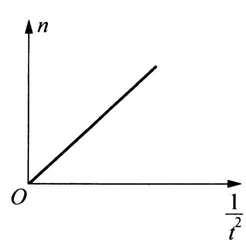
(4) 若每次移动钩码后都从同一位置释放滑块，设挡光片距光电门的距离为 L，钩码的个数为 n，测出每次挡光片通过光电门的时间为 t，测出多组数据，并绘出 $n-\frac{1}{t^2}$ 图象，已知图线斜率为 k，则当地重力加速度为________(用题中字母表示)。



甲



乙



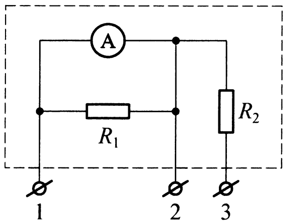
丙

第 15 题图

专题十七　电学实验

适应训练

1. 如图所示，其中电流表Ⓐ的量程为 0.6 A，表盘均匀划分为 30 个小格，每一小格表示 0.02 A；R_1 的阻值等于电流表内阻的$\frac{1}{2}$；R_2 的阻值等于电流表内阻的 2 倍。若用电流表Ⓐ的表盘刻度表示流过接线柱 1 的电流值，则下列分析中正确的是(　　)。



第 1 题图

A．将接线柱 1、2 接入电路时，每一小格表示 0.04 A

B．将接线柱 1、2 接入电路时，每一小格表示 0.02 A

C．将接线柱 1、3 接入电路时，每一小格表示 0.06 A

D．将接线柱 1、3 接入电路时，每一小格表示 0.01 A

2. 某兴趣小组探究用不同方法测定干电池的电动势和内阻，他们提出的实验方案中有如下四种器材组合。为使实验结果尽可能准确，最不可取的一组器材是(　　)。

A．一个安培表、一个伏特表和一个滑动变阻器

B．一个伏特表和多个定值电阻

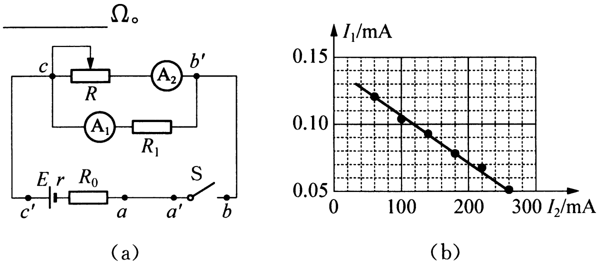
C．一个安培表和一个电阻箱

D．两个安培表和一个滑动变阻器

3. 某探究性学习小组利用如图(a)所示的电路测量电池的电动势和内阻。其中电流表 A_1 的内阻为 $r_1 = 1.0\ \text{k}\Omega$，电阻为 $R_1 = 9.0\ \text{k}\Omega$，为了方便读数和作图，给电池串联一个阻值为 $R_0 = 3.0\ \Omega$ 的 电阻。

(1) 按图示电路进行连接后，发现 aa'、bb' 和 cc' 三条导线中，混进了一条内部断开的导线。为了确定哪一条导线内部是断开的，将电建 S 闭合，用多用电表的电压挡先测量 a、b' 间电压，读数不为零，再测量 a、a' 间电压，若读数不为零，则一定是________导线断开；若读数为零，则一定是________导线断开。

(2) 排除故障后，该小组顺利完成实验。通过多次改变滑动变阻器触头位置，得到电流表 A_1 和 A_2 的多组 I_1、I_2 数据，作出图象如图(b)所示。由 $I_1 - I_2$ 图象得到的电池的电动势 $E =$ ________V，内阻 $r =$ ________Ω。



第 3 题图

真题演练

4. (2018天津卷)某同学用伏安法测定待测电阻 R_x 的阻值(约为10 kΩ),除了 R_x、开关S、导线外,还有下列器材供选用:

A. 电压表(量程0~1 V,内阻约10 kΩ)

B. 电压表(量程0~10 V,内阻约100 kΩ)

C. 电流表(量程0~1 mA,内阻约30 Ω)

D. 电流表(量程0~0.6 A,内阻约0.05 Ω)

E. 电源(电动势1.5 V,额定电流0.5 A,内阻不计)

F. 电源(电动势12 V,额定电流2 A,内阻不计)

G. 滑动变阻器 R_0(阻值范围0~10 Ω,额定电流2 A)

(1) 为使测量尽量准确,电压表选用________,电流表选用________,电源选用________(均填器材的字母代号)。

(2) 画出测量 R_x 阻值的实验电路图。

5. (2018全国卷Ⅲ)一课外实验小组用如图所示的电路测量某待测电阻 R_x 的阻值,图中 R_0 为标准定值电阻($R_0=20.0\ \Omega$);电压表V可视为理想电压表。S_1 为单刀开关,S_2 位单刀双掷开关,E 为电源,R 为滑动变阻器。采用如下步骤完成实验:

(1) 按照实验原理线路图(a),将图(b)中实物连线;

(2) 将滑动变阻器滑动端置于适当位置,闭合 S_1;

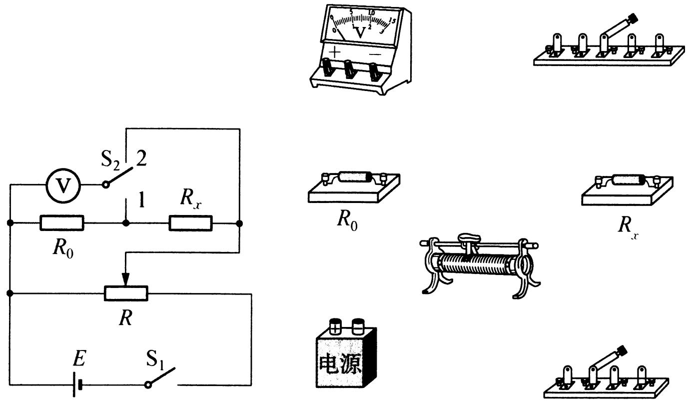
(3) 将开关 S_2 掷于1端,改变滑动变阻器动端的位置,记下此时电压表V的示数 U_1;然后将 S_2 掷于2端,记下此时电压表V的示数 U_2;

(4) 待测电阻阻值的表达式 $R_x=$ ________(用 R_0、U_1、U_2 表示);

(5) 重复步骤(3),得到如下数据:

	1	2	3	4	5
U_1/V	0.25	0.30	0.36	0.40	0.44
U_2/V	0.86	1.03	1.22	1.36	1.49
$\frac{U_2}{U_1}$	3.44	3.43	3.39	3.40	3.39

(6) 利用上述5次测量所得 $\frac{U_2}{U_1}$ 的平均值,求得 $R_x=$ ________Ω。(保留1位小数)



(a)　　　　　　　　　　　　(b)

第 5 题图

6. (2018 江苏卷)一同学测量某干电池的电动势和内阻。

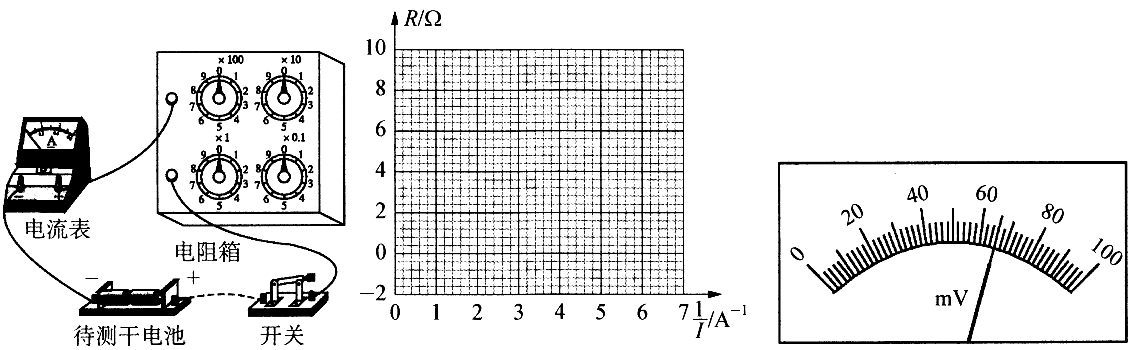
(1) 如图甲所示是该同学正准备接入最后一根导线(图中虚线所示)时的实验电路。请指出图中在器材操作上存在的两个不妥之处。

(2) 实验测得的电阻箱阻值 R 和电流表示数 I,以及计算的 $\frac{1}{I}$ 数据见下表:

R/Ω	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0
I/A	0.15	0.17	0.19	0.22	0.26
$\frac{1}{I}/\text{A}^{-1}$	6.7	6.0	5.3	4.5	3.8

根据表中数据,作出 $R-\frac{1}{I}$ 图象。由图象可计算出该干电池的电动势为________V;内阻为________Ω。

(3) 为了得到更准确的测量结果,在测出上述数据后,该同学将一只量程为 100 mV 的电压表并联在电流表的两端。调节电阻箱,当电流表的示数为 0.33 A 时,电压表的指针位置如图乙所示,则该干电池的电动势应为________V;内阻应为________Ω。



甲　　　　　　　　　　乙

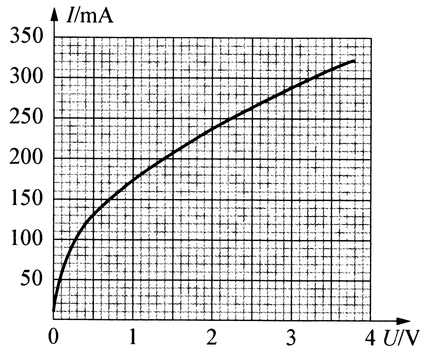
第 6 题图

7.（2017·全国卷Ⅰ）某同学研究小灯泡的伏安特性，所使用的器材有小灯泡 L（额定电压 3.8 V，额定电流 0.32 A）；电压表（量程 3 V，内阻 3 kΩ）；电流表（量程 0.5 A，内阻 0.5 Ω）；固定电阻 R_0（阻值 1000 Ω）；滑动变阻器 R（阻值 0～9.0 Ω）；电源 E（电动势 5 V，内阻不计）；开关 S；导线若干。

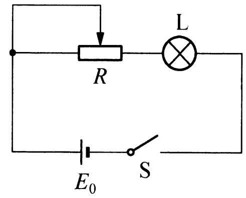
（1）实验要求能够实现在 0～3.8 V 的范围内对小灯泡的电压进行测量，画出实验电路原理图。

（2）实验测得该小灯泡伏安特性曲线如图（a）所示。由实验曲线可知，随着电流的增加小灯泡的电阻________（填“增大”“不变”或“减小”），灯丝的电阻率________（填“增大”“不变”或“减小”）。

（3）用另一电源 E_0（电动势 4 V，内阻 1.00 Ω）和题给器材连接成图（b）所示的电路，调节滑动变阻器 R 的阻值，可以改变小灯泡的实际功率。闭合开关 S，在 R 的变化范围内，小灯泡的最小功率为________W，最大功率为________W（结果均保留 2 位小数）。



（a）



（b）

第 7 题图

模拟训练

8.（2018 江西师范大学附中三模）为了测一个自感系数很大的线圈 L 的直流电阻 R_L，实验室提供以下器材：

A．待测线圈 L（阻值约为 2 Ω，额定电流 2 A）；

B．电流表 A_1（量程 0.6 A，内阻 $r_1 = 1$ Ω）；

C．电流表 A_2（量程 3.0 A，内阻 r_2 约为 0.2 Ω）；

D．滑动变阻器 R_1（0～10 Ω）；

E．滑动变阻器 R_2（0～1 kΩ）；

F．定值电阻 $R_3 = 10$ Ω；

G．定值电阻 $R_4 = 100$ Ω；

H．电源（电动势 E 约为 9 V，内阻很小）；

I．单刀单掷开关两只 S_1、S_2，导线若干。

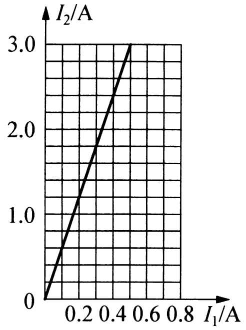
要求实验时，改变滑动变阻器的阻值，在尽可能大的范围内测得多组 A_1 表和 A_2 表的读数 I_1、I_2，然后利用给出的 $I_2 - I_1$ 图象（如图甲所示），求出线圈的电阻 R_L 的准确值。

（1）实验中定值电阻应选用________，滑动变阻器应选用________（填写器材前面的序号）。

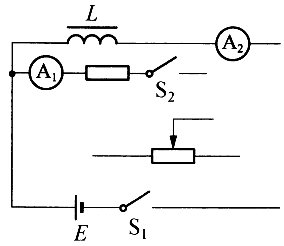
（2）请你画完图乙方框中的实验电路图。

(3) 实验结束时应先断开开关________。

(4) 由 I_2-I_1 图象,求得线圈的直流电阻 $R_L=$________Ω。



甲



乙

第 8 题图

9. (2019 江西宜春上高二中高考物理模拟)某中学实验小组的同学现要测量一蓄电池的内阻和一未知电阻的电阻值,已知蓄电池的电动势约为 6 V,蓄电池的内阻和未知电阻的电阻值约为几十欧。实验室为该小组提供的实验器材有:双量程电流表(0～30 mA、0～100 mA)、电压表(0～6 V)、滑动变阻器 R_1(0～5 Ω)、滑动变阻器 R_2(0～300 Ω)、开关以及导线若干。

该小组的同学设计了如图甲所示的电路,并进行了如下的操作:

a. 将实验器材按图甲所示电路图连接;

b. 将滑动变阻器的滑动触头滑至最左端,闭合开关,然后将滑动触头逐渐向右移动,记录多组实验数据,并将实验数据描绘在坐标系中;

c. 打开开关,将待测电阻改接在 2、3 间,重复 b 操作,将得到的多组实验数据描绘在同一坐标系中,该图线与横纵轴的交点分别为(I_0、0)、(0、U_0),图中未画出。

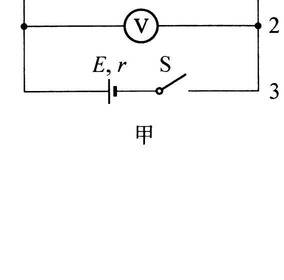
根据以上操作回答下列问题:

(1) 为了减小实验误差,电流表的量程应选择________、滑动变阻器应选择________;

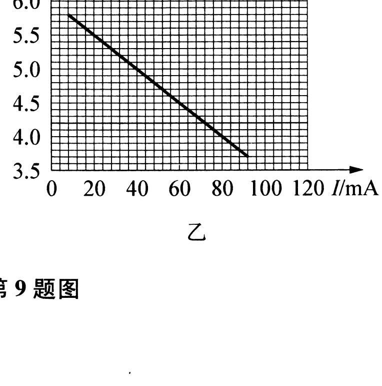
(2) 由伏安特性曲线可知,该蓄电池的内阻 r 约为________Ω;

(3) 待测电阻的关系式 $R_x=$________(用 I_0、U_0、r 表示);

(4) 如果两电表均为理想电表,待测电阻接在 1、2 间和接在 2、3 间,滑动触头从最左端向右移动相同的距离时,电流表读数的变化范围________,电压表读数的变化范围________(均选填"相同"或"不同")。



甲



乙

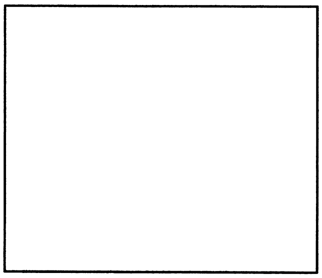
第 9 题图

10.（2019 上饶市三模）某同学为了描绘小灯泡的伏安特性曲线和探究小灯泡的实际功率问题，需要设计出相应的电路图，现在可供选择使用的器材有：小灯泡 L（额定电压 3.8 V，额定电流 0.50 A）；电流表 A（量程 0.6 A，内阻约 0.5 Ω）；灵敏电流计 G（量程 1 mA，内阻为 1000 Ω）；电阻箱 R_0（阻值范围 0～9999.9 Ω）；滑动变阻器 R_1（阻值范围 0～20 Ω）；电源 E（电动势 4.5 V，内阻约 2 Ω）；开关 S 及导线若干；

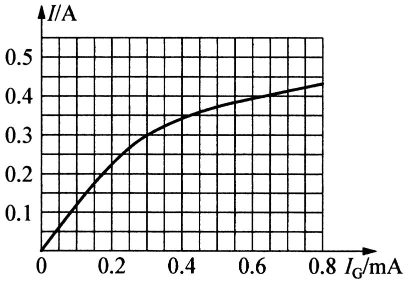
（1）为了能够实现在 0～3.8 V 内对小灯泡的电压进行测量，需将灵敏电流计 G 改装成量程为 4 V 的电压表，则________（填“串”或“并”）联的电阻箱 R_0 的阻值应调整为________Ω；

（2）根据实验要求，在图甲的方框内画出设计的测量电路图；

（3）根据实验数据画出 $I-I_G$ 的部分图象如图乙所示。



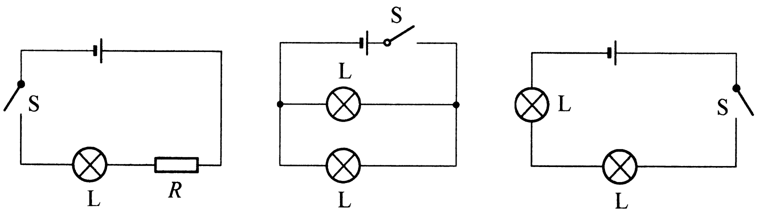
甲



乙

第 10 题图

（4）在探究上述小灯泡在电源不同的供电方式下的实际功率问题时，按图丙所示分几个步骤研究。



(a)　　(b)　　(c)

丙

第 10 题图

(i) 如图丙(a)所示，将该小灯泡和定值电阻 R 与一电动势为 $E=3.0$ V，内阻为 $r=5.0\ \Omega$ 的电源串联时，若此时电源的输出功率最大，可知此时小灯泡的实际功率约为________W，定值电阻的阻值 $R=$________Ω。

(ii) 如图丙(b)所示，把上述两个相同的小灯泡并联接在电动势为 $E=3.0$ V，内阻为 $r=5.0\ \Omega$ 的电源两端，则每个小灯泡的实际功率约是________W。

(iii) 如图丙(c)所示，把上述两个相同的小灯泡串联接在电动势为 $E=3.0$ V，内阻为 $r=5.0\ \Omega$ 的电源两端，则每个小灯泡的实际功率约是________W。

（以上结果均保留两位有效数字）

专题预测

11. 某实验小组要测量一节干电池的电动势和内阻，实验室提供的实验器材如下：

A．待测的干电池（电动势约为 1.5 V，内电阻约为 2 Ω）；

B．电压表 V_1（0～2 V，内阻 R_{V1} = 4000 Ω）；

C．电压表 V_2（0～2 V，内阻 R_{V2} 约为 3500 Ω）；

D．电流表 A（0～3 A，内阻 0.1 Ω）；

E．电阻箱 R_1（0～9999 Ω）；

F．滑动变阻器 R_2（0～200 Ω，1 A）；

G．电键和导线若干。

该小组根据以上实验器材设计了如图甲所示的电路来测量电源的电动势和内阻。

(1) 请你根据实验电路补充完整主要的实验步骤：

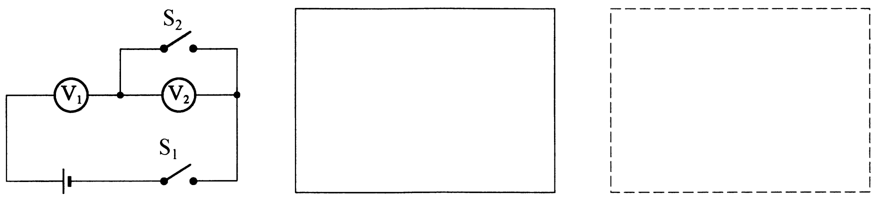
a. 闭合电键________，记下 V_1 的读数 U_1；

b. 闭合电键________，断开电键________，记下________。

(2) 请你根据以上步骤记录的物理量和已知的物理量写出该干电池的电动势和内阻的表达式：E=________，r=________。

(3) 在现有器材的条件下，请你选择合适的实验器材，并设计出另一种测量干电池电动势和内阻的方案，在下边方框乙中画出实验电路图。

(4) 如果要求用图象法处理你设计的实验的数据，并能根据图象较直观地求出电动势和内阻，则较适合的函数表达式是________，请你在下边虚框丙中画出此表达式对应的大致图象。



甲　　　乙　　　丙

第 11 题图

12. 现要测量电压表的内阻和电源的电动势，提供的器材有：

电源（电动势约为 6V，内阻不计）；电压表 V_1（量程 2.5 V，内阻约为 2.5 kΩ）；

电压表 V_2（量程 3 V，内阻约为 10 kΩ）；电阻箱 R_0（最大阻值 9999.9 Ω）；

滑动变阻器 R_1（最大阻值为 3 kΩ）；滑动变阻器 R_2（最大阻值为 500 Ω）；

单刀双掷开关一个，导线若干。

(1) 在图甲中完成测量原理电路图的连线；

(2) 电路中应选用的滑动变阻器是________（选填“R_1”或“R_2”）；

(3) 按照下列实验步骤进行实验：

① 闭合开关前，将滑动变阻器和电阻箱连入电路的阻值调至最大；

② 闭合开关，将电阻箱调到 6 kΩ，调节滑动变阻器至适当的位置，此时电压表 V_1 的示数为 1.60 V，电压表 V_2 的示数为 2.40 V；

③ 保持滑动变阻器连入电路的阻值不变，在将电阻箱调到 2 kΩ，此时电压表 V_1 的示数如图 2，其示数为________，电压表 V_2 的示数为 1.40 V；

(4) 根据实验数据，计算得到电源的电动势为________，电压表 V_1 的内阻为________，电压表 V_2 的内阻为________。

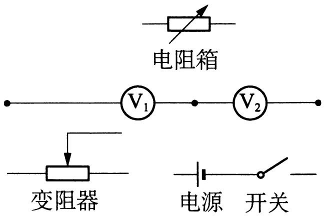


图 1

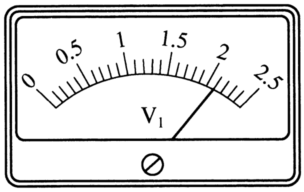


图 2

第 12 题图

13. 测定电流表内阻的实验中备用的器材如下：

A．电流表(量程 0～100 μA，内阻约为几百欧)；

B．标准伏特表(量程 0～5 V)；

C．电阻箱(阻值范围 0～999.9 Ω)；

D．电阻箱(阻值范围 0～99 999.9 Ω)；

E．电源(电动势 2 V，内阻不为零)；

F．电源(电动势 6 V，内阻不为零)；

G．滑动变阻器(阻值范围 0～50 Ω，额定电流 1.5 A)；电键和导线若干。

(1) 采用图(a)所示的电路测定电流表 A 的内阻，且要求有较高的测量精度，那么从以上备用的器材中，电阻箱 R_1 应选用________，电阻箱 R_2 应选用________，电源 E 应选用________(填写字母代号)。

(2) 实验时要进行的步骤有：

A．闭合 S_1；

B．闭合 S_2；

C．将 R_1 的阻值调至最大；

D．调节 R_1 的阻值，使电流表指针偏转到满刻度；

E．调节 R_2 的阻值，使电流表指针偏转到满刻度的一半；

F．记下 R_2 的阻值。

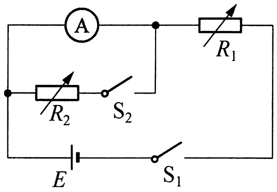
把以上步骤的字母代号按实验的合理顺序填写在下面横线上的空白处：

①________；②________；③________；④________；⑤________；⑥________。

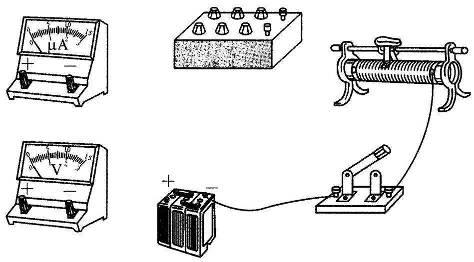
(3) 如果在步骤 F 中 R_2 的阻值为 600 Ω，则图(a)中电流表内阻 R_g 的测量值为________Ω。

(4) 如果要将第(3)小题中的电流表 A 改装成量程为 0～5 V 的伏特表，则改装的方法是与电流表________联一个阻值为________Ω 的电阻。

(5) 如图所示器材中，一部分是将电流表改装为伏特表所需的，其余是为了把改装成的伏特表跟标准伏特表进行核对所需的(要求对 0～5 V 的所有刻度都能在实验中进行核对)。试在图(b)所示的实物图中画出连线。



（a）



（b）

第 13 题图

第五部分　选考模块

专题十八　热学综合

适应训练

1. (1) 下列说法正确的是________。

A．具有各向异性的固体一定是晶体

B．悬浮在液体中的小颗粒越大，布朗运动越剧烈

C．露珠呈球状是由于液体表面张力的作用

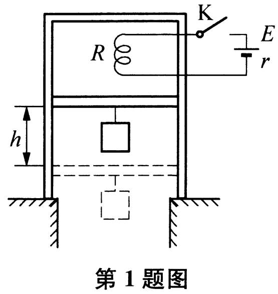
D．两个分子间的引力或斥力均随分子间距的增大而减小，但斥力比引力减小得更快

E．把两块纯净的铅压紧，它们会“粘”在一起，说明分子间只存在分子引力

(2) 如图所示，一绝热气缸倒立竖放在两水平台面上，缸内一光滑活塞密封了一定质量的理想气体。在活塞下挂有一物块，活塞与物块的总重量 $G=30\ \text{N}$，活塞的横截面积 $S=3\times10^{-3}\ \text{m}^2$。活塞静止时，缸内气体温度 $t_1=27℃$，体积 $V_1=3\times10^{-3}\ \text{m}^3$。外界的大气压强恒为 $p_0=1\times10^5\ \text{Pa}$。缸内有一个电阻丝，电阻丝的电阻值恒为 $R=5\ \Omega$，电源电动势 $E=18\ \text{V}$、内阻 $r=1\ \Omega$。闭合开关 20 s 后，活塞缓慢下降高度 $h=0.1\ \text{m}$，求：

① 20 s 内气体内能的变化量；

② 20 s 末缸内气体的温度。

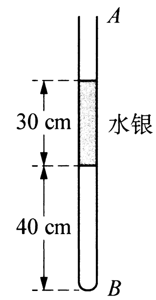


第 1 题图

2. 将一根长度 $L=103$ cm 的长玻璃管竖直放置，管的 A 端开口，B 端封闭。利用水银在管的下部封闭着一段空气柱，各段初始长度如图所示，已知外界大气压 $p_0=76$ cmHg，温度始终不变。

(1) 被封闭的气体压强是多大？

(2) 缓慢将玻璃管绕通过 B 点的水平轴转动 180°，使管倒立，此时管内空气柱的长度是多长？



第 2 题图

真题演练

3. (2018 全国卷Ⅰ)(1) 如图(a)所示，一定质量的理想气体从状态 a 开始，经历过程①、②、③、④到达状态 e，对此气体，下列说法中正确的是________(选对 1 个得 2 分，选对 2 个得 4 分，选对 3 个得 5 分；每选错 1 个扣 3 分，最低得分为 0 分)。

A. 过程①中气体的压强逐渐减小

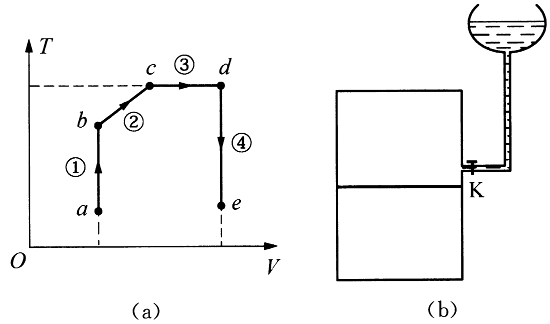
B. 过程②中气体对外界做正功

C. 过程④中气体从外界吸收了热量

D. 状态 c、d 的内能相等

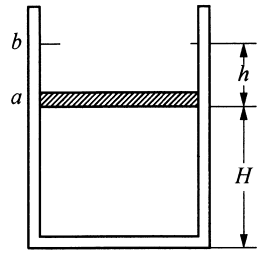
E. 状态 d 的压强比状态 b 的压强小

(2) 如图(b)所示，容积为 V 的气缸由导热材料制成，面积为 S 的活塞将气缸分成容积相等的上下两部分，气缸上部通过细管与装有某种液体的容器相连，细管上有一阀门 K。开始时，K 关闭，气缸内上下两部分气体的压强均为 p_0，现将 K 打开，容器内的液体缓慢地流入气缸，当流入的液体体积为 $\dfrac{V}{8}$ 时，将 K 关闭，活塞平衡时其下方气体的体积减小了 $\dfrac{V}{6}$，不计活塞的质量和体积，外界温度保持不变，重力加速度大小为 g。求流入气缸内液体的质量。



第 3 题图

4. (2018 全国卷Ⅱ)如图所示,一竖直放置的气缸上端开口,气缸壁内有卡口 a 和 b,a、b 间距为 h,a 距缸底的高度为 H;活塞只能在 a、b 间移动,其下方密封有一定质量的理想气体。已知活塞质量为 m,面积为 S,厚度可忽略;活塞和气缸壁均绝热,不计他们之间的摩擦。开始时活塞处于静止状态,上、下方气体压强均为 p_0,温度均为 T_0。现用电热丝缓慢加热气缸中的气体,直至活塞刚好到达 b 处。求此时气缸内气体的温度以及在此过程中气体对外所做的功。重力加速度大小为 g。



第 4 题图

5. (2018 全国卷Ⅲ)(1)如图(a)所示,一定量的理想气体从状态 a 变化到状态 b,其过程如 $p-V$ 图中从 a 到 b 的直线所示。在此过程中________。(填正确答案标号)

A. 气体温度一直降低

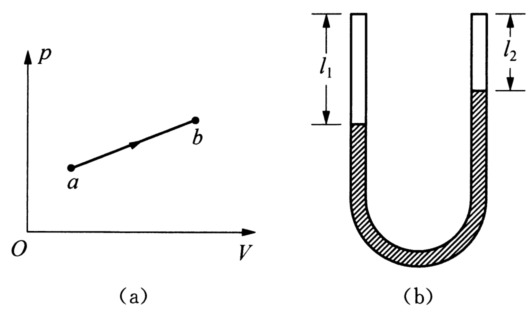
B. 气体内能一直增加

C. 气体一直对外做功

D. 气体一直从外界吸热

E. 气体吸收的热量一直全部用于对外做功

(2) 如图(b)所示,在两端封闭、粗细均匀的 U 形细玻璃管内有一股水银柱,水银柱的两端各封闭有一段空气。当 U 形管两端竖直朝上时,左、右两边空气柱的长度分别为 $l_1=18.0$ cm 和 $l_2=12.0$ cm,左边气体的压强为 12.0 cmHg。现将 U 形管缓慢平放在水平桌面上,没有气体从管的一边通过水银逸入另一边。求 U 形管平放时两边空气柱的长度。在整个过程中,气体温度不变。



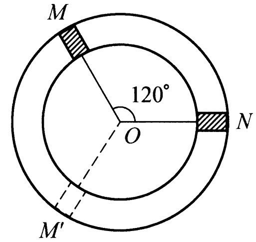
第 5 题图

模拟训练

6.（2019 上饶市三模）如图所示，在封闭的均匀光滑圆形管道内封闭有理想气体，管内有可自由移动的轻质活塞 M 和固定不动的活塞 N（活塞厚度均可忽略），将管内气体分成上下两部分，其中 OM 与水平 ON 的夹角 $\theta = 120°$，上下两部分气体的初始温度均为 $T_0 = 400\ \text{K}$，压强均为 $p_0 = 1.0 \times 10^5\ \text{Pa}$。现设法对管道上部分气体缓慢加热，假设管道下部分气体温度保持不变，当可动活塞 M 沿逆时针方向缓慢转动 120° 至图中虚线位置 M' 时，求：

（1）管道下部分气体的压强；

（2）管道上部分气体的温度。

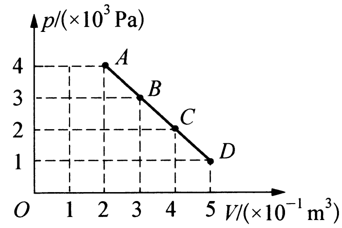


第 6 题图

7.（云南玉溪一中高 2018 届第四次月考）一定质量的理想气体由状态 A 沿直线经状态 B、C 到状态 D，其 $p-V$ 图象如图所示，已知该气体在状态 A 时的温度是 320 K，求：

（1）该气体在 A、B、C、D 四个状态中，哪点温度最高，哪点温度最低，各是多少？

（2）该气体从状态 A 到状态 D 的过程中对外做功 W 是多少？

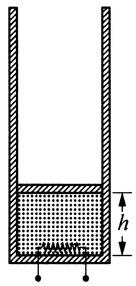


第 7 题图

8.（江西省临川一中等九校 2018 届高三联考）如图所示，一圆柱形绝热气缸开口向上竖直放置，通过绝热活塞封闭着一定质量的理想气体。活塞的质量为 m、横截面积为 S，与容器底部相距 h，现通过电热丝缓慢加热气体，当气体吸收热量 Q 时停止加热，活塞上升了 $2h$ 并稳定，此时气体的热力学温度为 T_1。已知大气压强为 p_0，重力加速度为 g，活塞与气缸间无摩擦且不漏气。求：

(1) 加热过程中气体的内能增加量；

(2) 停止对气体加热后，在活塞上缓慢添加细砂粒，当添加砂粒的质量为 m_0 时，活塞恰好下降了 h，求此时气体的温度 T_2。

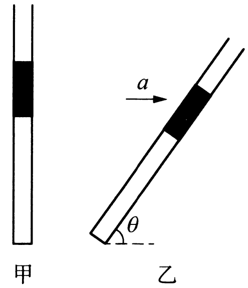


第 8 题图

9.（2019 江西宜春上高二中 5 月高考模拟）如图甲所示，竖直放置、粗细均匀的玻璃管开口向上，管里一段高为 $h = 15$ cm 的水银柱封闭一段长为 $L = 14$ cm 的气体，水银柱的截面积为 S，若将玻璃管按如图乙所示倾斜放置，倾角为 $\theta = 37°$，重力加速度 $g = 10\ \text{m/s}^2$，大气压强 $p_0 = 75$ cmHg，$\sin 37° = 0.6$，$\cos 37° = 0.8$，求：

(1) 倾斜后气柱的长度；

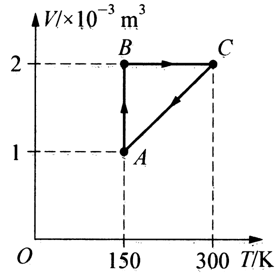
(2) 如果将图乙所示的玻璃管以一定的加速度向右加速运动，如果空气柱的长度又变成 L，则加速度 a 为多大？



第 9 题图

专题预测

10. 如图所示，一定质量的理想气体在状态 A 时压强为 2.0×10^5 Pa，经历 $A\to B\to C\to A$ 的过程，整个过程中对外界放出 61.4 J 热量。求该气体在 $A\to B$ 过程中对外界所做的功。

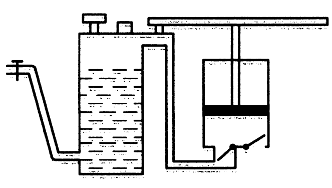


第 10 题图

11. 如图所示，喷洒农药用的某种喷雾器，其药液桶的总容积为 14 L，装入药液后，封闭在药液上方的空气体积为 2 L，气压为 1 atm。打气筒活塞每压下一次可以打进气压为 1 atm、体积为 0.2 L 的空气。不考虑环境温度的变化。

(1) 要使药液上方的气体压强增大到 5 atm，应打气多少次？

(2) 如果药液上方的气体压强达到 5 atm 时停止打气，并开始向外喷药，那么当喷雾器不能再向外喷药时，筒内剩下的药液还有多少升？

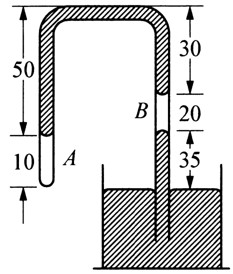


第 11 题图

12. 如图所示，U形管倒置于水银槽中，A 端下部封闭，内封有 10 cm 长的空气柱，在 B 管内也有一段空气柱，气柱长 20 cm，其余各段水银柱的长度如图所示，大气压强为 75 cmHg，气温为 27℃。

(1) 求 B、A 两部分气体的压强。

(2) 如仅对 A 管加热，B 管内气体温度不变，要使两管内上部水银面相平，求 A 管应升温多少(U形管粗细均匀)。



第 12 题图

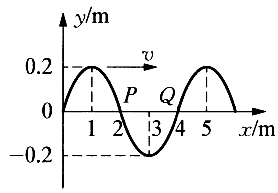
专题十九　振动与波

适应训练

1. 一列简谐横波沿 x 轴正方向传播，$t=0$ 时刻的波形如图所示，介质中质点 P、Q 分别位于 $x=2\text{ m}$、$x=4\text{ m}$ 处。从 $t=0$ 时刻开始计时，当 $t=15\text{ s}$ 时质点 Q 刚好第 4 次到达波峰。

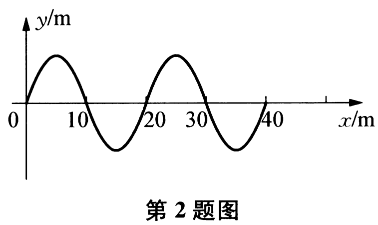
(1) 求波速；

(2) 写出质点 P 做简谐运动的表达式(不要求推导过程)。



第 1 题图

2. 在坐标原点的波源 S 产生一列沿 x 轴正方向传播的简谐横波，波速 $v=400\text{ m/s}$。在 $t=0$ 时刻，波正好传播到 $x=40\text{ m}$ 处，如图所示，在 $x=400\text{ m}$ 处有一接收器(图中未画出)，则下列说法中正确的是(　　)。



第 2 题图

A. 波源 S 开始振动时方向沿 y 轴负方向

B. $x=40\text{ m}$ 处的质点在 $t=0.5\text{ s}$ 时位移最大

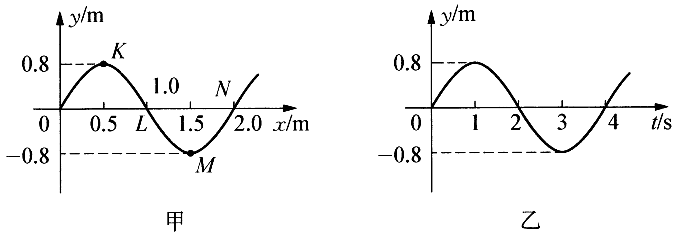
C. 接收器在 $t=1\text{ s}$ 才能接收到此波

D. 波源 S 向 x 轴负方向运动，则接收器收到的波的频率不发生变化

3. 一列沿着 x 轴正方向传播的横波，在 $t=0$ 时刻的波形如图甲所示，其中某质点的振动图象如图乙所示，则：

(1) 图乙可以表示图甲中质点 K、L、M、N 中哪个质点的振动图像？

(2) 由图中信息可以计算出该波的波速 v 为多少？

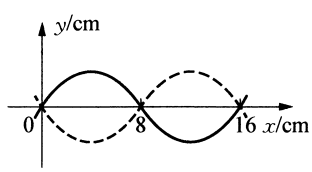


第 3 题图

真题演练

4. (2018・全国卷Ⅱ)(1) 声波在空气中的传播速度为 340 m/s，在钢铁中的传播速度为 4900 m/s。一平直桥由钢铁制成，某同学用锤子敲击一下桥的一端发出声音，分别经空气和桥传到另一端的时间之差为 1.00 s，桥的长度为________m，若该声波在空气中的波长为 λ，则它在钢铁中的波长为 λ 的________倍。

5. (2018 全国卷Ⅲ)一列简谐横波沿 x 轴正方向传播，在 $t=0$ 和 $t=0.20$ s 时的波形分别如图中实线和虚线所示。已知该波的周期 $T>0.20$ s。下列说法中正确的是________。



第 5 题图

A. 波速为 0.40 m/s

B. 波长为 0.08 m

C. $x=0.08$ m 处的质点在 $t=0.70$ s 时位于波谷

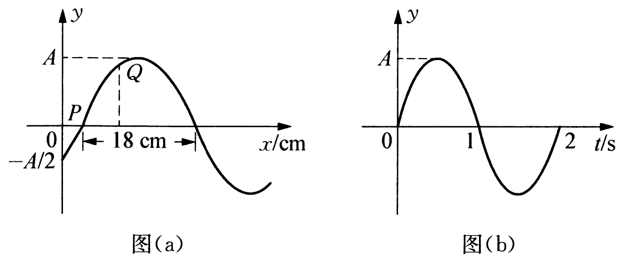
D. $x=0.08$ m 处的质点在 $t=0.12$ s 时位于波谷

E. 若此波传入另一介质中其波速变为 0.80 m/s，则它在该介质中的波长为 0.32 m

6. (2018 全国卷Ⅰ)一列简谐横波在 $t=\frac{1}{3}$ s时的波形图如图(a)所示,P、Q是介质中的两个质点,图(b)是质点Q的振动图象。求:

(i) 波速及波的传播方向;

(ii) 质点Q的平衡位置的x坐标。



第 6 题图

7. (2018 天津卷)一振子沿x轴做简谐运动,平衡位置在坐标原点。$t=0$时振子的位移为-0.1 m, $t=1$ s时位移为0.1 m,则(　　)。

A. 若振幅为0.1 m,振子的周期可能为$\frac{2}{3}$ s

B. 若振幅为0.1 m,振子的周期可能为$\frac{4}{5}$ s

C. 若振幅为0.2 m,振子的周期可能为4 s

D. 若振幅为0.2 m,振子的周期可能为6 s

模拟训练

8. (湖北黄冈中学 2018 高三 5 月适应性考试)下列说法中正确的是________。

A. 做简谐振动的物体,经过同一位置时,加速度可能不同

B. 在受迫振动中,驱动力的频率不一定等于物体的固有频率

C. 在波的传播方向上两相邻的相对平衡位置的位移始终相同的质点间距离等于波长

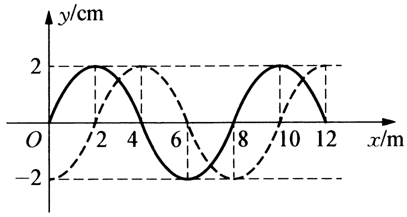
D. 如果质点所受力与它偏离平衡位置的位移大小的平方根成正比,且总是指向平衡位置,质点的运动就是简谐振动

E. 向人体发射频率已知的超声波被血管中的血流反射后又被仪器接收,测出反射波的频率变化就能知道血流速度,这种方法俗称“彩超”

9.（辽宁省六校协作体2018届高三联考）如图所示，一列简谐横波沿 x 轴传播，$t_1=0$ 和 $t_2=0.05$ s时的波形图分别为图示的实线和虚线所示，质点 P 是介质中的一点，且在0时刻的坐标为(4 m，0)。

(1) 若周期大于0.05 s,求波速；

(2) 若周期小于0.05 s,并且波速为600 m/s,求质点 P 在0～0.05 s内运动的位移大小和路程。



第9题图

10.（2018上饶市一模）振幅为0.1 m、波长为2 m的一列简谐正弦波，以1 m/s的速率沿一条绷紧的足够长的水平弦从左向右传播。$t=0$ 时，弦的左端点 P 在平衡位置，且向下运动。规定向上为正方向，不考虑波的反射。求：

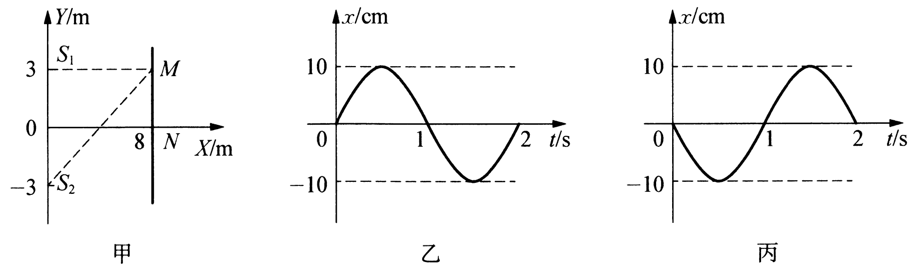
(i) 质点 P 振动的周期，写出 P 的振动方程；

(ii) $t=5.5$ s时，弦上与 P 相距1.25 m的质点 Q 的位移。

11. (2019上饶市三模)如图甲所示,在某介质的 XOY 平面内有两个波源 S_1 和 S_2,波源 S_1 的位置坐标为(0, 3 m),其振动图象如图乙所示;波源 S_2 的位置坐标为(0, −3 m),其振动图象如图丙所示。在 $X=8$ m 处有一平行于 Y 轴的直线,与 X 轴交于 N 点,直线上 M 点的坐标为(8 m, 3 m)。两波源发出的波的波长均为 4 m,求:

(i) 两波源发出的波各自传播到 M 点所用的时间;

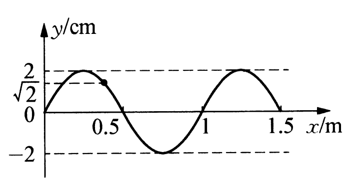
(ii) $t=5\frac{1}{2}$ s 时,质点 M 的位移。



第 11 题图

专题预测

12. 一列正弦式简谐横波,在 $t=0$ 时刻的波形图如图所示,已知这列波沿 x 轴正方向传播,M 为传播方向上一质点,此时 M 点的纵坐标为 $\sqrt{2}$ cm,若经过时间 $\Delta t=0.1$ s,M 点首次到达波峰。下列说法中正确的是________。



第 12 题图

A. 波动方程为 $y=2\sin(2\pi x)$cm

B. M 点的坐标为(0.3 m, $\sqrt{2}$ cm)

C. 波的传播速度大小为 1.25 m/s

D. 质点的振动周期为 1 s

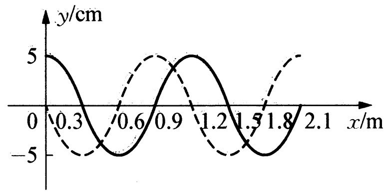
E. 从 $t=0$ 时刻起,再经过 $t=0.5$ s 质点 M 的路程为$(6-\sqrt{2})$cm

13. 如图所示,实线和虚线分别是沿 x 轴传播的一列简谐横波在 $t=0$ 和 $t'=0.06$ s时刻的波形。已知在 $t=0$ 时刻,$x=1.5$ m 处的质点向 y 轴正方向运动。

(1) 判断该波的传播方向；

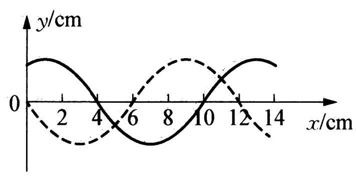
(2) 求该波的最小频率；

(3) 若 $3T < 0.06\ \text{s} < 4T$，求该波的波速。



第 13 题图

14. 如图所示，实线是沿 x 轴传播的一列简谐横波在 $t=0$ 时刻的波形图，虚线是这列波在 $t=0.2\ \text{s}$ 时刻的波形图。已知该波的波速是 $0.8\ \text{m/s}$，则下列说法中正确的(　　)。



第 14 题图

A．这列波的周期是 0.125 s

B．这列波可能是沿 x 轴负方向传播的

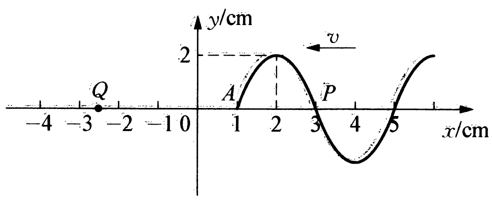
C．$t=0$ 时，$x=4\ \text{cm}$ 处的质点速度沿 y 轴负方向

D．$t=0$ 到 $t=0.2\ \text{s}$，$x=4\ \text{cm}$ 处的质点振动方向改变了 3 次

15. 一列在介质中沿 x 轴负方向传播的简谐横波在 $t=0$ 时刻的波形如图所示，此时坐标为 (1 cm, 0) 的质点 A 刚好开始振动，在 $t=1.4\ \text{s}$ 时刻，位于坐标(3 cm, 0) 处的质点 P 恰好第 3 次(从质点 P 起振算起) 到达波峰。质点 Q 的坐标是(−2.5 cm, 0)。求：

(1) 这列波的传播速度；

(2) 试推导从 $t=0$ 时刻开始质点 Q 的位移 y 随时间 t 变化的表达式。



第 15 题图

专题二十　光学综合

适应训练

1. (1) 下列对光的理解中，正确的有（　　）。

A. 全息照片的拍摄利用了激光衍射的原理

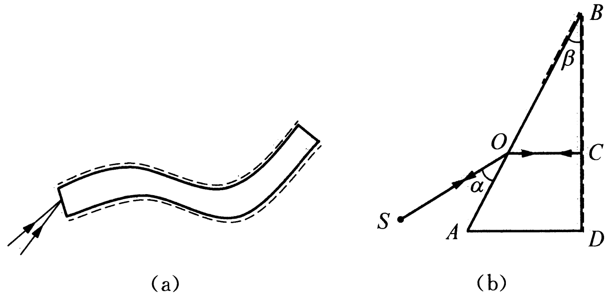
B. 光照射到肥皂薄膜时产生条纹是光的偏振现象

C. 地球上接收到离地球远去的遥远星球发出的光波长要变长

D. 拍摄水中景物时在镜头前加偏振片是为了增加光的透射强度

(2) 光纤通信利用光在光导纤维中全反射传递能量和信息。如图(a)所示，设某种单色光在纤维中的速度为 v，频率为 f，则光在纤维中的波长为________。沿不同方向射入同一光导纤维中的光信号，在光导纤维中的总波数________（选填“相同”或“不同”）。

(3) 如图(b)所示，当光线在棱镜前表面与 AB 边的夹角为 α 时，折射光线 OC 刚好垂直于棱镜后表面 BD，反射后的光路 COS 与入射光路 SOC 重合，称为自准直光路。已知棱镜顶角为 β，BO 长度为 l，光在真空中的速度为 c。求光在棱镜中的传播时间。

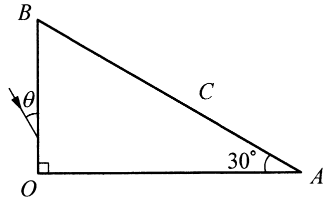


第 1 题图

2. 如图所示，直角三棱镜的折射率 $n=\sqrt{3}$，$\angle A=30^\circ$。一束与 OB 面成 $\theta=30^\circ$ 角的光射向 OB 面。光线在棱镜内传播时，不考虑光在 OB 面上的反射。

(1) 该束光线能否在 OA 面发生全反射？

(2) 若光从面 AB 上的 C 点(具体位置未标出)射出，从 C 点射向空气的光的传播方向如何？

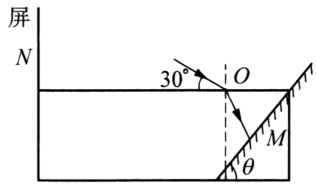


第 2 题图

3. 如图所示，水平桌面上有一水槽，槽中放置着平面镜 M，镜面与水平面之间的夹角为 θ。一束白光从 O 点射向水面，先经水而折射，再经平面镜反射，又经水面折射回到空气中，最后在水槽左上方的竖直屏 N 上形成彩色光带。若逐渐增大 θ 角，各种色光陆续消失，假定所有光线均在同一竖直平面。

(i) 什么色光最先从屏上消失？

(ii) 若入射光线与水面成 30° 角，镜面与水平面之间的夹角 $\theta=45^\circ$，屏上的彩色光带恰好全部消失。求水对最后消失的色光的折射率(结果可以用根式表示)。



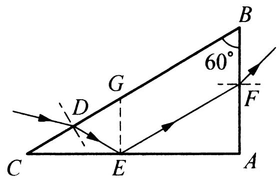
第 3 题图

真题演练

4.（2018·全国卷Ⅱ）如图所示，$\triangle ABC$ 是一直角三棱镜的横截面，$\angle A=90^\circ$，$\angle B=60^\circ$。一细光束从 BC 边的 D 点折射后，射到 AC 边的 E 点，发生全反射后经 AB 边的 F 点射出，EG 垂直于 AC 交 BC 于 G，D 恰好是 CG 的中点，不计多次反射。

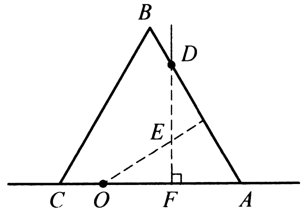
（1）求出射光相对于 D 点的入射光的偏角；

（2）为实现上述光路，棱镜折射率的取值应在什么范围？



第 4 题图

5.（2018 全国卷Ⅲ）如图所示，某同学在一张水平放置的白纸上画了一个小标记“·”（图中 O 点），然后用横截面为等边三角形 ABC 的三棱镜压在这个标记上，小标记位于 AC 边上。D 位于 AB 边上，过 D 点作 AC 边的垂线交 AC 于 F。该同学在 D 点正前方向顺着直线 DF 的方向观察。恰好可以看到小标记的像；过 O 点作 AB 边的垂线交直线 DF 于 E；$DE=2\text{ cm}$，$EF=1\text{ cm}$。求三棱镜的折射率（不考虑光线在三棱镜中的反射）。



第 5 题图

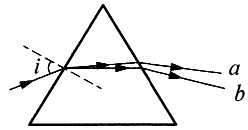
6. (2017·天津卷)明代学者方以智在《阳燧倒影》中记载:"凡宝石面凸,则光成一条,有数棱则必有一面五色",表明白光通过多棱晶体折射会发生色散现象。如图所示,一束复色光通过三棱镜后分解成两束单色光 a、b,下列说法中正确的是(　　)。

A. 若增大入射角 i,则 b 光先消失

B. 在该三棱镜中 a 光波长小于 b 光

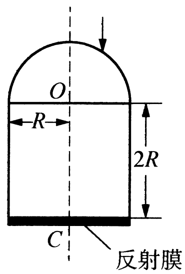
C. a 光能发生偏振现象,b 光不能发生

D. 若 a、b 光分别照射同一光电管都能发生光电效应,则 a 光的遏止电压低



第 6 题图

7. (2017·全国卷Ⅰ)如图所示,一玻璃工件的上半部是半径为 R 的半球体,O 点为球心,下半部是半径为 R、高为 $2R$ 的圆柱体,圆柱体底面镀有反射膜。有一平行于中心轴 OC 的光线从半球面射入,该光线与 OC 之间的距离为 $0.6R$。已知最后从半球面射出的光线恰好与入射光线平行(不考虑多次反射)。求该玻璃的折射率。



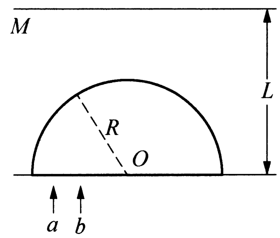
第 7 题图

模拟训练

8. (2018重庆江津巴县长寿等七校联盟第三次诊断)如图所示,真空中两细束平行单色光 a 和 b 从一透明半球的左侧以相同速率沿半球的平面方向向右移动,光始终与透明半球的平面垂直。当 b 光移动到某一位置时,两束光都恰好从透明半球的左侧球面射出(不考虑光在透明介质中的多次反射后再射出球面)。此时 a 和 b 都停止移动,在与透明半球的平面平行的足够大的光屏 M 上形成两个小光点。已知透明半球的半径为 R,对单色光 a 和 b 的折射率分别为 $n_1=\frac{2\sqrt{3}}{3}$ 和 $n_2=2$,光屏 M 到透明半球的平面的距离为 $L=\left(\frac{1}{2}+\frac{\sqrt{3}}{2}\right)R$,不考虑光的干涉和衍射,真空中光速为 c,求:

(1) 两细束单色光 a 和 b 的距离 d;

(2) 两束光从透明半球的平面入射直至到达光屏传播的时间差 Δt。

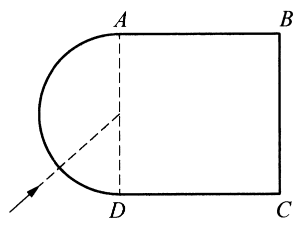


第8题图

9. (2018届唐山市二模)某种透明材料做成的玻璃砖截面如图所示,左侧部分是半径为 R 的半圆,右侧为边长为 $2R$ 的正方形 $ABCD$,一束单色光从左侧沿半径方向射入玻璃砖,入射方向与 AB 边成45°角,恰好不能从 AB 面射出,已知 c 为光在真空中传播的速度,求:

(1) 此种材料玻璃砖的折射率;

(2) 这束光从射入玻璃砖到开始射出玻璃砖的总时间。

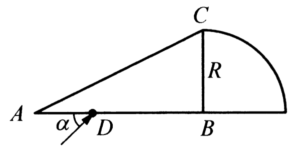


第9题图

10.（江西新余四中 2019 届高考全真模拟）如图所示，某工件由截面为直角三角形的三棱柱与半径为 R 的$\frac{1}{4}$圆柱两个相同的透明玻璃材料组成，已知三角形 BC 边的长度为 R，$\angle BAC=30^\circ$。现让一细束单色光从 AB 边上距 A 点为$\frac{\sqrt{3}}{3}R$ 的 D 点沿与 AB 边成 $\alpha=45^\circ$ 角斜向右上方的方向入射，光线经 AC 边反射后刚好能垂直于 BC 边进入$\frac{1}{4}$圆柱区域。

（1）试计算光线从圆弧上的 E 点（图中未画出）射出时的折射角；

（2）试计算该细束光在玻璃中传播的时间（光在真空中的速度为 c）。

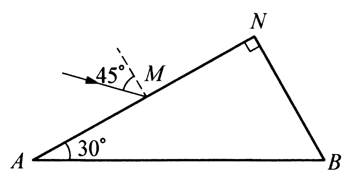


第 10 题图

11.（云南玉溪一中 2018 届高三第四次月考）如图所示，直角三角形 ABN 是一棱镜的截面，$AB=L$，$\angle A=30^\circ$。棱镜材料的折射率为 $n=\sqrt{2}$。一条光线以 45° 的入射角从 AN 边的中点 M 射入棱镜。不考虑光的多次反射。求：

（1）光线能否在 AB 边发生全反射；

（2）光线从棱镜中的出射点到 B 点的距离 x。



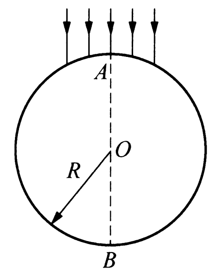
第 11 题图

专题预测

12. 如图所示是一个透明圆柱的横截面，其半径为 R，折射率是$\sqrt{3}$，AB 是一条直径。今有一束平行光沿 AB 方向射向圆柱体，若一条入射光线(不经过直径 AB)经折射后恰经过 B 点，则：

(1) 这条入射光线到 AB 的距离是多少？

(2) 这条入射光线在圆柱体中的运动时间是多少？

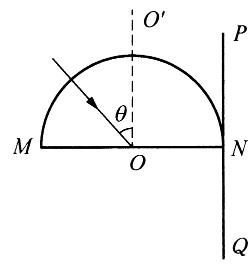


第 12 题图

13. 如图所示，半圆形玻璃砖紧靠墙壁放置，一束复色光线自左侧倾斜入射，光线与 $O'O$ 夹角为 $\theta=30°$。光线出射时在 PQ 上出现一个光点和一条彩色光带，已知复色光的折射率从 $n_1=\sqrt{2}$ 到 $n_2=\sqrt{3}$，半圆形玻璃砖半径为 0.1 m，求：

(1) 屏幕上光点到彩色光带最下端的距离；

(2) 不断增大 θ，当彩色光带消失时，光点距离 N 点有多远？

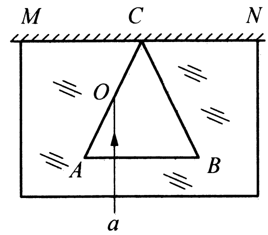


第 13 题图

14. 如图所示，在 MN 的下方足够大的空间是玻璃介质，其折射率 $n=\sqrt{3}$，玻璃介质的上边界 MN 是屏幕。玻璃中有一横截面为正三角形的空气泡棱柱，其边长 $l=40\ \text{cm}$，顶点与屏幕接触于 C 点，底边 AB 与屏幕平行。激光 a 垂直于 AB 边射向 AC 边的中点 O，结果在屏幕 MN 上出现两个光斑。

(1) 画出光路图；

(2) 求两个光斑之间的距离 L。

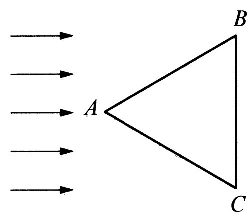


第 14 题图

15. 如图所示为某种透明材料做成的三棱镜的横截面，其形状是边长为 a 的等边三角形。现有一束宽度为 a 的单色平行光束，以垂直于 BC 面的方向正好全部射到该三棱镜的 AB 及 AC 面上，结果所有从 AB、AC 面入射的光线进入棱镜后恰好全部直接到达 BC 面。

(1) 求该棱镜材料对此平行光束的折射率；

(2) 这些到达 BC 面的光线从 BC 面折射出后，如果照射到一块平行于 BC 面的屏上形成光斑，则当屏到 BC 面的距离 d 满足什么条件时此光斑分为两块？



第 15 题图

提供各种书籍的 PDF 电子版代找服务，如果您找不到您想要的书的 PDF 电子版，我们可以帮您找到，如有需要，请联系微信、QQ。

PDF 代找说明：

本公司可以帮助您找到您想要的 PDF 电子书。质量都很清晰，只要您提供给我们相关信息，一般都能找到，如果您有需求，请联系我们。

现已经帮助了很多人找到了大家需要的 PDF，其实网上有很多 PDF，大家如果在网上找不到的话，可以联系我们，大部分我们都可以找到。因 PDF 电子书都有版权，请不要随意传播，如果您有经济购买能力，请尽量购买正版。

声明：

本公司只提供代找服务，因寻找 PDF 电子书有一定难度，仅收取代找费用。如因 PDF 产生的版权纠纷，与本公司无关，我们仅仅只是帮助您寻找到您要的 PDF 而已。